

# الألكترونيات في خدمة التطبيقات الكهربائية



تأليف : نويل م. موسى

## الالكترونيات في خدمة التطبيقات الكهربائية

---

تأليف

فويل م . موريس

ترجمة

الدكتورة سميرة رستم

قسم الكهرباء - كلية التكنولوجيا  
جامعة حلوان  
جمهورية مصر العربية

مراجعة

الدكتور محمد لطفي السيد

ميد كلية التكنولوجيا  
جامعة حلوان  
جمهورية مصر العربية

دار ماكجروهيل للنشر ( المملكة المتحدة )

---

لندن . نيويورك . سانت لويس . سان فرانسيسكو . أوكلاه . بيروت .  
بوهوتا . دوسلدورف . جوهانسبرج . لشبونة . لوسيرن . مدريد .  
مكسيكو . مونتريال . نيونلبي . بنيا . باريس . سان خوان . سلواياولو .  
ستغابورة . سيدني . طوكيو . تورنتو .

نشر بمعرفة  
دار كتب ماكجروهيل ( المملكة المتحدة ) ليمتد  
ميدنهيد • بركنشاير • انجلترا

---

حقوق التأليف ١٩٧٦ • دار نشر كتب ماكجروهيل ( المملكة المتحدة ) ليمتد  
جميع الحقوق محفوظة

Electronics For Works Electricians

Noel M. Morris

الطبعة العربية ١٩٧٨ • تصدر بالتعاون مع مؤسسة الاهرام بالقاهرة •

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب أو اختزان ملحقه بطريقة الاسترجاع أو نقله على أى نحو أو بأى طريقة سواء كانت الإلكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو بالتسجيل أو خلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدما.

07 084295 7

## المحتويات

### مقدمة :

#### الفصل الاول : دوائر التيار المستمر

- ١ ١ - ١ طبيعة التيار الكهربى
- ٣ ١ - ٢ اشياء الموصلات
- ٥ ١ - ٣ الكميات الكهربائية
- ٦ ١ - ٤ مضاعفات وجزئيات الكميات الكهربائية
- ٧ ١ - ٥ توصيل المقاومات على التوالى
- ٩ ١ - ٦ توصيل المقاومات على التوازي
- ١١ ١ - ٧ مصادر الجهد والتيار
- ١٤ ١ - ٨ اصطلاحات الضغط والتيلز  
المستخدمة فى الدوائر الكهربائية

#### الفصل الثانى : المقاومات

- ١٦ ٢ - ١ المقاومات الثابتة
- ٢٢ ٢ - ٢ قيم المقاوم المفضلة
- ٢٤ ٢ - ٣ الرموز الاصطلاحية لالوان المقاوم
- ٢٦ ٢ - ٤ المقاومات المتغيرة ومقياس الجهد ( بوتنشيو متر )
- ٣١ ٢ - ٥ المقاومات الحرارية [ الترمستور ]
- ٣٣ ٢ - ٦ المقاومات تابعة الجهد

#### الفصل الثالث : المكثفات

- ٣٤ ٣ - ١ فكرة عمل المكثف
- ٣٥ ٣ - ٢ وحدات السعة الكهربائية
- ٣٦ ٣ - ٣ سعة المواد العازلة
- ٣٧ ٣ - ٤ سعة المكثفات متوازية الالواح
- ٣٨ ٣ - ٥ تيلز الشحن والتفريغ
- ٤١ ٣ - ٦ توصيل المكثفات على التوازي
- ٤٢ ٣ - ٧ توصيل المكثفات على التوالى

٤٣	٢ - ٨ الدائرة المكافئة للمكثف
٤٤	٢ - ٩ أنواع المكثفات
٤٦	٢ - ١٠ الرموز الاصطلاحية للالوان والحروف للمكثف
٤٩	٢ - ١١ الثابت الزمنى للدائرة السعوية
٥٢	٢ - ١٢ الاسلوب الفنى للتشكيل الموجى - المفاضلات والمكاملات
٥٥	٢ - ١٣ دوائر المفاضل والمكامل المكونة من RC
٥٥	٢ - ١٤ المكثفات فى دوائر التيار المتردد
٥٦	<b>الفصل الرابع : ملفات المحثة</b>
٥٦	٤ - ١ التشغيل والتركيب
٥٧	٤ - ٢ المواد المغناطيسية
٥٩	٤ - ٣ مواد الحجب المغناطيسى
٥٩	٤ - ٤ القوة الدافعة الكهربائية المستعثة ذاتيا ( القوة الدافعة الكهربائية المعارضة ) فى الملف
٦٠	٤ - ٥ ازدياد واضمحلال التيار فى دائرة محثه
٦٣	٤ - ٦ دوائر RL التفاضلية والتكاملية
٦٤	٤ - ٧ ملفات المحثة فى دوائر التيار المتردد
٦٥	<b>الفصل الخامس : الجهد المتردد والتيار المتردد</b>
٦٥	٥ - ١ الاشكال الموجية المترددة
٦٩	٥ - ٢ القيمة المتوسطة للموجة المترددة
٧٠	٥ - ٣ قيمة جذر متوسط المربعات أو القيمة الفعالة للموجة المترددة
٧٠	٥ - ٤ بيان علاقة الطور
٧٣	٥ - ٥ اختلاف زاوية الطور
٧٤	٥ - ٦ جمع الموجات الجيبية
٧٥	٥ - ٧ التوافقيات
٧٧	<b>الفصل السادس : دوائر التيار المتردد</b>
٧٧	٦ - ١ المقاومة فى دائرة التيار المتردد
٧٨	٦ - ٢ المحثة فى دائرة التيار المتردد
٨١	٦ - ٣ المكثف فى دائرة التيار المتردد

٨٢	٤ - ٦ دوائر التوازي المكونة من LC
٨٦	٥ - ٦ دائرة الرنين المتصلة على التوالي
٨٦	٦ - ٦ مقارنة رنين التوازي ورنين التوالي
٨٦	٧ - ٦ معلومة دوائر التيلر المتردد
٩٠	٨ - ٦ عرض النطاق الترددي لدائرة رنين
٩٢	٩ - ٦ القدرة المستهلكة في دائرة تيلر متردد
٩٢	٦ - ١٠ الديسيل
٩٥	<b>الفصل السابع : المحولات</b>
٩٥	٧ - ١ فكرة عمل المحول
٩٩	٧ - ٢ المحولات متعددة اللفات والمحولات ذات نقطة التفرع المتوسطة
١٠١	٧ - ٣ أنواع المحولات
١٠٣	٧ - ٤ المحول كتيطة لمواصة المعاودة
١٠٥	٧ - ٥ دوائر المحولات تحت الاحوال المعبرة
١٠٦	<b>الفصل الثامن : وحدات دايود الجوامد</b>
١٠٦	٨ - ١ خواص الدايود
١٠٨	٨ - ٢ أنواع الدايود
١٠٨	٨ - ٣ وصلات تشباه الموصلات الثنائية (وحدات الدايود)
١١٢	٨ - ٤ دراسة خواص وصلات الدايود بالنسبة للتأثيرات الحرارية
١١٢	٨ - ٥ دوائر المقوم احادي الطور
١١٩	٨ - ٦ مرشحات الموجات
١٢١	٨ - ٧ دوائر المقومات متعددة الطور
١٢٤	٨ - ٨ منحنيات العلاقة بين القدرة الكلية المبددة ودرجة الحرارة المحيطة
١٢٥	٨ - ٩ وقاية الوصلات الثنائية
١٢٧	٨ - ١٠ وحدات دايود زينار
١٣٠	٨ - ١١ دايود الانهيار مزدوج الاتجاه (دايك)

## الفصل التاسع : وحدات الترانزستور

١٣٢	١ - ١	أنواع الترانزستور
١٣٢	٢ - ١	وحدات وصلة الترانزستور ثنائي القطب
١٣٢	٣ - ١	عمل وصلة الترانزستور
١٣٤	٤ - ١	خواص وصلة الترانزستور ذات الباعث المشترك
١٣٦	٥ - ١	توصيلة القاعدة المشتركة
١٤٠	٦ - ١	توصيلة المجمع المشترك
١٤١	٧ - ١	اتساق قدرة مبدا ومنحنيات العلاقة بين القدرة الكلية المبدا ودرجة الحرارة المحيطة
١٤١	٨ - ١	ترانزستورات التأثير المجالى
١٤٢	٩ - ١	ترانزستورات التأثير المجالى ثنائيات البوابة الموصلة
١٤٢	١٠ - ١	ترانزستورات التأثير المجالى ذى البوابة المعزولة
١٤٥	١١ - ١	ترانزستور احادى التوصيل
١٤٨	١٢ - ١	الترانزستور احادى التوصيل القليل للبرمجة
١٤٩	١٣ - ١	نظم ترقيم النبطية
١٥٠		

## الفصل العاشر : الالكترونيات الضوئية

١٥٣	١ - ١٠	الطيف الكهرومغناطيسى المرئى
١٥٤	٢ - ١٠	خلايا الانبعاث الضوئى ( الخلايا الضوئية )
١٥٦	٣ - ١٠	خلايا التوصيل الضوئى
١٥٩	٤ - ١٠	وحدات الدايود الضوئية
١٥٩	٥ - ١٠	الترانزستور الضوئى
١٦٠	٦ - ١٠	وحدات الثايرستور الضوئية
١٦١	٧ - ١٠	خلايا الجهد الضوئية او الخلايا الشمسية
١٦١	٨ - ١٠	نباط الانبعاث الالكترونى بتأثير الضوء
١٦١	٩ - ١٠	أدوات عرض الكاثود البارد ( الغازية )
١٦٢	١٠ - ١٠	فتائل عرض الارقام

- ١٦٤ ١٠ - ١١ دايود الاتبعك الضوئى  
١٦٧ ١٠ - ١٢ وحدات عزل التقارين الضوئى  
١٦٨ ١٠ - ١٣ وحدات الدايدود القسفرورى  
١٦٨ ١٠ - ١٤ مبيين المسائل البلورى

## ١٧٠ الفصل الحادى عشر : المكبرات والدوائر المنطقية الاساسية

- ١٧٠ ١ - ١ أساسى المكبرات  
١٧١ ١١ - ٢ مكبر أساسى من نوع الباعث المشترك  
١٧٦ ١١ - ٣ قواعد سهلة وواضحة لحساب قيم مكونات الدائرة  
١٧٨ ١١ - ٤ الاستقرار الحرارى للمكبرات  
١٨٢ ١١ - ٥ مكبرات ترانزستور التأثير - المجالى  
١٨٢ ١١ - ٦ عرض النطاق التردد للمكبر  
١٨٦ ١١ - ٧ مكبر موالف  
١٨٦ ١١ - ٨ مكبرات القدرة  
١٩١ ١١ - ٩ الترانزستور كمفتاح  
١٩٢ ١١ - ١٠ الدائرة الأساسية لمفتاح ترانزستور  
١٩٤ ١١ - ١١ الدلالة الثنائية  
١٩٤ ١١ - ١٢ بوابة اللامحاح NOT المنطقية  
١٩٥ ١١ - ١٣ بوابة «و» (AND) وبوابة «او» (OR)  
١٩٦ ١١ - ١٤ بوابتى NAND و NOR  
١٩٩ ١١ - ١٥ شبكة الذاكرة للترانزستور (تطاط S-R)

## ٢٠١ الفصل الثانى عشر : الالكترونيات الدقيقة والدوائر التكاملية

- ٢٠١ ١٢ - ١ الدوائر الغشائية  
٢٠٢ ١٢ - ٢ الدوائر التكاملية ذات القطعة الواحدة  
٢٠٤ ١٢ - ٣ صنع الدائرة المتكاملة تقايمة القطب  
٢٠٩ ١٢ - ٤ تصنيع الدوائر التكاملية من اثبناه  
٢٠٩ الموصلات الاكس معدنية  
٢٠٩ ١٢ - ٥ تجميع الدائرة المتكاملة



- ١٢ - ٦ دوائر المقياس المتوسط التكاملة  
والمقياس المكبر للدائرة التكاملية ٢١٠

### ٢١١ الفصل الثالث عشر : مكبرات التغذية المرتدة والمذبذبات

- ١٢ - ١ التغذية المرتدة السالبة والموجبة ٢١١  
١٢ - ٢ أساس عمل مكبرات التغذية المرتدة السالبة ٢١١  
١٢ - ٣ الأنواع الأساسية لمكبر التغذية المرتدة ٢١٥  
١٢ - ٤ سمات مكبرات التغذية المرتدة السالبة  
١٢ - ٥ مكبرات تليع الباعث وتليع المصدر ٢١٩  
١٢ - ٦ مكبر شطر الطور ٢٢٢  
١٢ - ٧ التغذية المرتدة الموجبة واللا استقرارية ٢٢٣  
١٢ - ٨ دوائر مذبذبات المقاومات والمكثفات ٢٢٥  
١٢ - ٩ دوائر مذبذبات الحاثات والمكثفات ٢٢٧  
١٢ - ١٠ المذبذبات متعددة التوافقيات غير المستقرة ٢٢٩  
١٢ - ١١ مولدات النبضات ٢٣١

### ٢٣٤ الفصل الرابع عشر : دوائر المكبر التشغيلي

- ١٤ - ١ ما هو المكبر التشغيلي ٢٣٤  
١٤ - ٢ المكبر العاكس أو مغير الإشارة ٢٣٨  
١٤ - ٣ مكبر جمع ٢٤٠  
١٤ - ٤ دائرة تابعة الجهد ٢٤١  
١٤ - ٥ المكبر الغير عاكس ٢٤٢  
١٤ - ٦ مكبر تفاضلي أو مكبر عزمي ٢٤٣  
١٤ - ٧ مقارن للجهد ٢٤٤  
١٤ - ٨ دوائر التكامل الالكترونية ٢٤٦  
١٤ - ٩ معادلة التردد للمكبرات التشغيلية ٢٤٨

### الفصل الخامس عشر : مصادر القدرة ثابتة الجهد

#### ٢٤٩ والكرونيات القوى الكهربائية

- ١٥ - ١ الحاجة الى مصادر قدرة ذات جهد ثابت ٢٤٩

٢٤٩	١٥ - ٢ فكرة عمل منظم التوالى للجهد
٢٥٠	١٥ - ٢ مرجع مصدر الجهد
٢٥١	١٥ - ٢ نبيطة التحكم الموصلة على التوالى
٢٥١	١٥ - ٥ منظم جهد موصل على التوالى
٢٥٢	١٥ - ٦ منظمات التوالى للوقاية من تجاوز التيار وتجاوز الجهد عند الخرج
٢٥٥	١٥ - ٧ وحدات الثايرستور
٢٥٥	١٥ - ٨ الثايرستور عكس الاماكة
٢٦٠	١٥ - ٩ الدوائر الاساسية للثايرستور
٢٦٣	١٥ - ١٠ نظم للتحكم فى سرعة المونور الجامع
٢٦٥	١٥ - ١١ دائرة قنطرية ثلاثية الطور يمكن التحكم فيها
٢٦٦	١٥ - ١٢ الثايرستور ثنائى الانجاء او التراك
٢٦٨	١٥ - ١٣ دائرة التراك احادية الطور
٢٧٠	١٥ - ١٤ التحكم فى تعجير الاشعاع
٢٧١	١٥ - ١٥ وحدات الثايرستور العاكسة
٢٧٢	١٥ - ١٦ محولات (مغيرات) التردد
٢٧٣	<b>الفصل السادس عشر : معدات الاختبار</b>
٢٧٣	١٦ - ١ المعدات المطلوبة فوق منفذة الاختبار
٢٧٤	١٦ - ٢ اجهزة قياس الملف المحرك متعددة المدى
٢٨١	١٦ - ٣ اجهزة الفولتميتر الالكترونية
٢٨٢	١٦ - ٤ مرسومات اشعة الكاثود للتذبذبات
٢٨٧	١٦ - ٥ استخدام مرسمة التذبذبات كجهاز للقياسات
٢٨٩	١٦ - ٦ الاجهزة الرقمية لقياسات التردد والزمن
٢٩٠	١٦ - ٧ وحدات الفولتميتر والمقايس متعددة المدى
٢٩٤	<b>مراجع لزيد من القراءة</b>
٢٩٥	<b>قائمة بالمصطلحات</b>
٣٠٤	<b>فهرس ابجدى</b>

## مقدمة

لمصل التقدم التكنولوجي في شتى المجالات الى درجة من الاطراد السريع نشاطه ما بلغه ذلك التقدم في مجال الهندسة الالكترونية . فقد اصبح من الممكن ان يعمل على الدوائر والنظم الالكترونية الى الدرجة التي مكنها من ان تحل محل المعدات التقليدية في التطبيقات المنزلية والتجارية والصناعية .

وهذا الكتاب يقدم غرضين اولهما هو اعطاء معلومات خلفية لا تتضمنها في العادة مقررات الهندسة الكهربائية بخصى القوى الكهربائية . اما الغرض الثاني فهو لا يدور حول المعلومات الخاصة بأنواع ومدى المكونات والدوائر المستخدمة في التطبيقات العملية لحسب . بل انه يدور ايضا حول فلسفة التصميم الاساسية للدوائر الشائعة وايضا كان ذلك ممكنا ، فلقد استخدمت الامثلة لتوضيح كل النقاط عند ظهورها . ولقد حاولت الى النهاية ان احقق توازنا بين العرضيين المتتامين للتدريب والتعليم . فلك ان كليهما امر حيوي اذا مادعا الامر الى ان يحدد المشغلين بالتطبيقات الكهربائية موضع الاعطال في المعدات الالكترونية لاصلاحها ولتفهم الاسباب التي أدت الى حدوثها .

ولقد أدت التطورات لنمائط اشياء الموصلات الى ادخال وانتشار المعدات الالكترونية في المنزل والمكتب والمصنع . وسوف نركز في هذا الكتاب من البداية الى النهاية على كيفية استخدام نمائط اشياء الموصلات كوحدات الترانزستور ونمائط التأثير - المحال ووحدة التيرمستور والترايك . ويمكن تقسيم الكتاب بصفة اجمالية الى أربعة اجزاء هي :

القواعد الاساسية والنمائط ( الفصول من ١ - ١٠ ) .

الدوائر الالكترونية ( الفصول من ١١ - ١٤ ) .

مصادر القدرة الالكترونية والكثروبيات القوى الكهربائية ( الفصل الخامس عشر ) .

## معدات الاختبار ( الفصل السادس عشر ) .

فى الابواب العشرة الاولى ، تمت تغطية نظريات التيار المتردد والتيار المستمر ، مع النماذج المستخدمة فى الدوائر الالكترونية . وتراوح هذه النماذج من المكونات البسيطة الى لا يمكن الاستغناء عنها مثل المقاومات والمكثفات والمعلقات حتى العناصر الالكترونية الأكثر تعقيدا والتي تشمل وحدات وصلات الترانزستور ثنائى القطب ، وفرايزستور التأثير - المحالى ودابود القذف الضوئى ومبين السائل الملورى والترانزستور الحادى التوصيل والترايك .

ولقد خصصت الفصول من ١١ - ١٤ ، شاملة ، لكيفية عمل الدوائر الالكترونية وهي تشمل مكبرات الترانزستور ومكبرات السعة المترددة والمدمجات ودوائر المكنر التشغيلى . ولمى الحقيقة ، توضع المكبرات التشغيلية عند تلك المرحلة من الاهمية فى الالكترونىات والتي دعت الى تخصيص باب كامل لها . ولقد أصبح الحاسب الالكترونى فى وقتنا الحاضر واحدا من أكثر المعدات الالكترونية بروزا ، فالحاسبات الرخيصة أصبحت ميسرة بسبب التقدم فى فن صناعة ( تكنولوجيا ) الدائرة المتكاملة ذات القطعة الواحدة مصحوبا بالتقدم فى الدوائر الالكترونية المنطقية . هذا وتقدم الدوائر المنطقية فى الفصل الحادى عشر ويركز الفصل الثانى عشر على تكنولوجيا الدائرة المتكاملة ذات القطعة الواحدة .

ويتم توضيح مصادر القدرة الالكترونية اللازمة لنوعى « التيار الخفيف » و « التيار الثقيل » فى الفصل الخامس عشر . ولقد تضمنت هذه المصادر ، مصادر القدرة ثلثة الجهد التى تهيىء جهودا يمكن التحكم فيها على وجه التحفة للمعدات الالكترونية . ولقد عرض أيضا وحدات الثايرستور والترايك مع تطبيقات على التحكم فى سرعة المحركات الكهربائية وعكسات القدرة ومحركات التردد .

وفى النهاية ، تناقش فى الفصل السادس عشر معدات الاختبار شاملة المقاييس المتعددة المدى ومرسات اشارة المهبط والفولتمترات الالكترونية والفولتمترات الرقمية .

وأود أن أسجل شكرى للمساعدة والمشورة الطيبة خلال فترة تأليف الكتاب والتي غمرتني من السيد/ د . وانداز رئيس التدريس على وسائل الإنتاج بمتحد هندسة الإنتاج للأبحاث وكذلك السادة زملائه . وبالإضافة ، لود أن أشكر القارئ بالصناعات الالكترونية لما قدموه من المعلومات القيمة المرتبطة بالدوائر والنظم المقدمة فى الكتاب .

ومن وجهة نظر شخصية ، أود أن أشكر زوجتى ، لا من أجل مساعدتها وصبرها وتفهمها أثناء الكتابة فقط وإنما بسبب الجهود المضنية التى بذلتها أثناء فترة الإعداد .

نويل . م . موريس



## الفصل الاول

### دوائر التيار المستمر

#### ١-١ طبيعة التيار الكهربى

يمكن تفسير التيار الكهربى على أساس تحرك « حاملات الشحنة الكهربائية » بين نقاط فى دائرة . ولكى نفهم سريان التيار الكهربى يلزم أن نعرف شيئاً عن التركيب الذرى للمواد المستعملة فى الدوائر الالكترونية .

تتكون الذرات — من وجهة النظر الهندسية — من نوعين من « الجسيمات المشحونة » ، هــب الإلكترونات والبروتونات . وتعتبر الإلكترونات أخف كثيراً من البروتونات . إذ تبلغ كتلة الإلكترون  $\frac{1}{1836}$  من كتلة البروتون . كذلك فإن الشحنة الكهربائية التى يحملها الإلكترون تكون سالبة ، بينما تلك التى يحملها البروتون تكون موجبة . والشحنتان متساويتان فى المقدار ومتعاكستان فى الاتجاه . ولأن البروتونات أكثر وزناً فتتركز فى مركز ( أو نواة ) الذرة ، كما هو مبين بالشكل ١-١ . بينما تدور حولها الإلكترونات فى مدارات على شكل « طبقات » أو « حلزمية » أو « أغلفة » . لتسبب ذلك يمكن تشبيه الذرة بموقف سيارات متعدد الطوابق . هنا يمكن اعتبار مستوى سطح الأرض ، أو مسسوب الاسناد ، كنواة الذرة ، فى حين أن الطوابق المحيطة بركن السيارات فى هذا الموقف تمثل المدارات التى سواجد بها الإلكترونات . والإلكترونات التى تشترك فى عملية التوصيل الكهربى تدور فى اقصى مدار خارجى ممكن . يعرف باسم « المدار التكافؤى » أو « شريط الطاقة التكافؤى » .

وعندما يطبق جهد كهربى على موصل فإن الإلكترونات الموجودة فى المدار التكافؤى ( تسمى « الكبرونات التكافؤى » ) تتعرض لقوة كهربية تعمل على دفع الإلكترونات نحاء القطب الموجب للمصدر . إذا كانت هذه القوة كبيرة بدرجة كافية فإنها تستطيع أن تحرر بعض هذه الإلكترونات من تأثير القوى التى تربطها بالذرة ، ويبدأ سريان التيار فى الدائرة من تلك الإلكترونات التى تصل إلى القطب الموجب للمصدر . وطبقاً للمعرف المعمول به فى الهندسة

الكهربيته « من التيار يسبب حارحا من القطب الموجب لمصدر الامداد ، اى ان الاتجاه الاسطلاحى لاسباب التيار يكون عكس اتجاه سريان الالكترونات » عندما يسرى التيار بالطريقة الموصحة عليه فان الالكترونات تسبق خلال الموصل تحت تأثير الجهد المسلط عليه . ونتيجة لذلك فان هذا النوع من اسباب التيار يسمى اسباب تيار الاسباق *drift current flow* .

واذا عرلنا دره واحده نجد ان محصله الشحنة الكهربية عليها تساوى صفرا . لان الشحنة الموجبة على النواة تتعادل بمسح الشحنة السالبة للالكترونات الدائرة حولها .



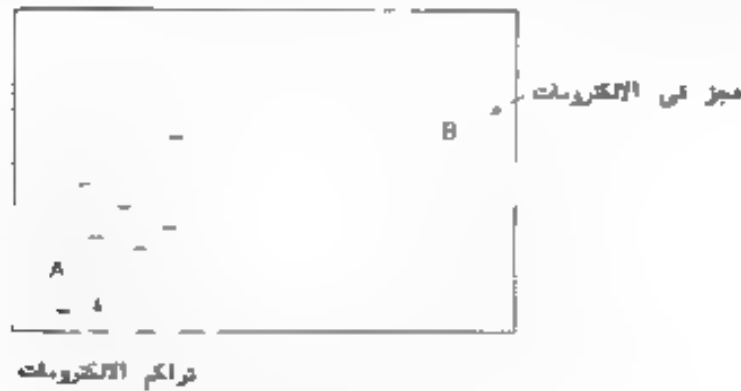
شكل ١ - ١ : الالكترونات في طليها حول النواة

عندما يبلب احد الالكترونات من الذرة ، فانه يحول الى شحنة سالبة حرة الحركة وحيث ان الذرة قد فقدت الكترونا (شحنة سالبة) فانها تصبح موجبة الشحنة بما يعادل شحنة وحدة الالكترونات . لذا فهو يسعى كل دره لان تحذب لنفسها ايا من الالكترونات الحرة الحركة المتواجده بالقرب منها . وعلى هذا الاساس يمكن اعتبار شحنة الذرة الموجبة كمحوة الكترونية ، نفهوم يعمل حامل الشحنة الموجبة بما كما اعتبر كل الكترون كدابل لشحنة سالبة . فالمحوة الالكترونية اذن هي مساطه عمارة عن غلب لالكترون من نقطة في التركيب الذرى كان من الطبيعي ان سواحد بها . وحيث ان المحوة بما هي الا حامله للشحنة الحرة الحركة تهايا كالكترون الحر الحركة ، لذا فان ترميم المحوة كما هو موضح اعلاه يسمح على وجه التحديد غير دقيق . وعلى اى حال فالوصف السابق يحتم العرض من تقديم المفهوم الاساسى للمحوة الالكترونية .

ويسرى سبب تحلى الالكترون من الذرة « الام » الى اكتسبه فقرا من الطاقه بكنهه لكي يفلت من تأثير قوى الربط الذرية . ويمكن ان تانى هذه الطاقه من عدة مصادر لعل اكثرها شيوعا هو الحو المحيط بنا [ درجة

الحرارة المحبطة | وفي درجة حرارة الحجره على عددا كبيرا من الالكترونات في الموصلات الكهربائية تكون قد اكتسبت تحركا كافيا من الطاقة للاندفاع من الدرات « الام » . لذلك ، على اعدادا كبيرة من الالكترونات الحرة في الموصلات الكهربائية تكون جاهزة للمساهمة في التوصيل وسحرك من الموصل بطريقة عشوائية . وعندما تتراكم هذه الالكترونات الحرة في لحظة معينة عند احدى النقط ولتكن A في الموصل الكهربائي المعزول كما هو موضح بالشكل ١ - ٢ مما يسبب عنه ان تصبح هذه النقطه سالبة الشحنة . وفي نفس الوقت ، سيتواجد عجز في الالكترونات عند نقطة اخرى ولتكن B ، وهكذا تصبح نقطة B الموجبة الشحنة اعلى جهدا من النقطة A . وتنتشر الالكترونات عند النقطة A بالبالى لقوة جذب في اتجاه النقطة B . عندئذ سيبذل الالكترونات الحرة الى التحرك بغير انظم داخل الموصل بطريقة عشوائية ، ويسمى هذا النوع من التحرك لحاملات الشحنات بتيار الانتشار . «diffusion currents» وبالمسما لاى مادة كهربائية ، يحدث الانتشار لحاملات الشحنة عندما يوجد

موصل



شكل ١ - ٢ توضح آلية تيار الانتشار

تركيز لحاملات الشحنة الحرة في أى جزء من المادة مما يؤدي الى تحرك الشحنات الحاملة من منطقة التركيز الاكثر الى منطقة التركيز الأقل .

وفي الباب التاسع مسعرم طريقة تشغيل وصله الترانزستور ذي القطبين بدلاله تيار الانتشار وتيار الاتساق .

## ٢ - ١ اشباه الموصلات

اشياء الموصلات هي مواد تقع مقاومتها بين مقاومة الموصلات الجيدة والمواد العازله . ومواد اشياء الموصلات الشائعة الاستعمال في تصنيع الصمامات الثنائية والترانزستور هي السليكون والجرمانيوم اما تلك التي تستخدم في تصنيع الصمامات الثنائية الماعثة للضوء فهي زرنيخيد الجاليوم وغوسفيد الجاليوم .



وأكثر المواد شبه الموصله استعمالا هو عنصر السليكون الذي يوجد في أنواع عديدة من الصخور والاحجار والمرمل مثلا ما هي «لا ثقي أكسيد السيليكون» .

تحتزل المواد شبه الموصله في مرتبة درجة حراره عاليه حتي يصبح في صورته نقيه . وينساب الفيار خلال المادة شبه الموصله النقيه ، كما سبق وأوضحنا في الجزء ١ - ١ كنسجه للإلكترونيات والفحوات التي تولدت بواسطة التأثير الحراري . مادّا ما سلط مرق جهد كهده بين طرفي المادة شبه الموصله فإن الإلكترونات الحرة تنطلق في اتجاه القطب الموجب للمصدر بينما تنطلق الفحوات في اتجاه القطب السالب . ويرداد عدد الإلكترونات المطلقة من الدرات الأم لشبه الموصل بزيادة درجة الحرارة المحطة . أدن فكل قيمة معييه من مرق الجهد يزداد سريان التيار داخل المادة شبه الموصله مع ازدياد درجة الحرارة ، أي أن ، مقاومة المادة تقل مع تزايد درجة الحرارة . وسنقضي آخر . ماشاء الموصلات لها معام مقاومة حراري سالب .

ويمكن التحكم في المواد شبه الموصله المستعملة في صناعه النماط (devices) الإلكترونيه بتنظيم اضافة كمية من الشوائب أثناء التصنيع علي ما ن هذه الكمية تلعب في العادة جزءا من الملون من أجزاء المادة النقيه . وساء على نوع الشوائب المضافة لشبه الموصل يمكن توصيفه إما بالنوع الموجب (p) أو بالنوع السالب (n) وسيتناول فيما بعد شرح هذه المسيمات .

في مواد النوع الموجب ، يسج عن الشوائب المضافة أن يرصد عدد الفحوات « الحرة » عن عدد الإلكترونات « الحرة » ( وملاحظ أن النوع الموجب يعنى بالضرورة حاملات حرة للشحنات الموجبة ) . لذلك عند اتسياب الفيار في المادة موحية النوع من أكثرية هذا الفيار المتسبب تكون نتيجة لمحرك حاملات الشحنة الموجبة في اتجاه القطب السالب للمصدر . وساهم حركة الإلكترونات في اتجاه القطب الموجب للمصدر بجزء محدد جدا من القيمة الاحتمالية للتيار المسبب . لذا توصف الفحوات بحاملات الشحنة ذات الاغلبية بعكس الإلكترونات فهي حاملات الشحنة ذات الاقلية وذلك بالنسبة للنوع الموجب من المواد شبه الموصله . هذا وبصاف مواد مثل الحالسيوم أو الانديوم لتخرج مع السليكون النقي لإنتاج النوع الموجب من أشباه الموصلات .

إما اذا اصفت مواد مثل الزرنيخ أو الانيمون لاحتلط مع السليكون أو الحرمةيوم النقي ، لاصبح لدينا ما يسمى بالنوع السالب من اشاء الموصلات مما ينتج عنه أن يزيد عدد الإلكترونات « الحرة » عن عدد الفحوات « الحرة » ( وملاحظ أن النوع السالب يعنى بالضرورة حاملات حرة للشحنات السالبة ) وبالتالي فالإلكترونات في هذا النوع هي حاملات الشحنة ذات الاغلبية بعكس الفحوات التي تعتبر حاملات الشحنة ذات الاقلية . وإن سريان التيار

في المواد ذات النوع السالب يكون سحبة لانتماع الالكترونات في اتجاه القطب الموجب للمصدر .

ويستعمل كلا النوعين السالب والموجب لاشباه الموصلات في تصنيع نط لاشباه الموصلات .

## ١ - ٢ الكميات الكهربائية

ببما تتفق الكميات المستخدمة في كل من الدوائر الالكترونية والدوائر الكهربائية ، الا انه يوجد فرق اساسي بينهما وهو حجم الوحدات . ففي الدوائر الكهربائية ، نقيم القدرة المستهلكة عادة بوحدات من الكيلو وات او الميجاوات ، بينما من النادر ان يريد مستوى القدرة في الدوائر الالكترونية من بضعة من وحدات الوات ، بل في اغلب الاحيان قد تكون بعضا من وحدات الملى وات [الملى وات =  $\frac{1}{1000}$  وات] . وستعرف فيما يلي الكميات الكهربائية الاساسية .

**كمية الكهرباء . ورمزها Q** [كمية الكهرباء المارة عبر نقطة في دائرة ما هي :

$$Q = It \quad (\text{رمز الوحدة } Q \text{ كولوم})$$

حيث I هي قيمة تيار الدائرة مقدرا بالامبير و t هو الزمن الذي يستغرقه مرور التيار مقدرا بالثانية . لذا ، اذا مر تيار قيمته ٥ ا امبير لمدة من الزمن قدرها ٣ ثوان ، تكون كمية الكهرباء المارة بأي نقطة في الدائرة هي

$$Q = It = 1.5 \times 3 = 4.5 \text{ كولوم}$$

**الجهد الكهربائي** [ ورمزه E ] ان فرق الجهد بين نقطتين في دائرة يحدد فيما يعرف بمقاوم اوم وهو  $E = IR$  فولت حيث R هي مقاومة الدائرة بين النقطتين . وتوجد صورتان اخريان لقانون اوم هما

$$R = E/I \quad \text{و} \quad I = E/R$$

**الطاقة الكهربائية** [ ورمزها W ] يمكن ايجاد الطاقة المستهلكة في الدائرة الكهربائية بالعلاقة التالية .

$$W = EIt \quad \text{joules او watt-seconds} \quad [\text{ ورمزه } J]$$

والكيلو وات ساعة هو الوحدة التجارية للتعبير عن الطاقة الكهربائية حيث يساوي الكيلو وات ساعة ١٠٠٠ وات ساعة او ٣٦٠٠٠٠٠ وات ثانية . فاذا كان لدينا

$$E = 240 \text{ V} , I = 2 \text{ A} , t = 3 \text{ S}$$

فإن الطاقة المستهلكة في الدائرة تلح

$$W = EIt = 240 \times 2 \times 3 = 1440 \text{ watt-seconds or joules} \\ = 0.4 \text{ watt-hours}$$

الطاقة الكهربائية | ورمزها  $P$  ، القدرة هي معدل استهلاك الطاقة  
ويمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$P = EI = I^2 R = E^2 / R \text{ watts } | \text{ ورمزها } W$$

## ١ - مضاعفات وجزئيات الكميات الكهربائية

إن عاليه الوحدات الأساسية المستعملة في هندسة القوى الكهربائية تكون إما كبيرة بدرجة غير مقبولة أو أصغر بكثير من مثلام في الدوائر الإلكترونية . مثلاً ، الكيلو وات ( وهو الوحدة الفعلية للقدرة المستهلكة في الدوائر الكهربائية ) يعادل مليون ضعف للـ على وات ( وهو الوحدة الأساسية المناظرة للدوائر الإلكترونية ) . كذلك إذا لمعت قيمة مقاومة الموصل جزءاً من الأوم فإنها تصدر قيمة مرتفعة في دوائر القوى الكهربائية ، بينما يمكن اعتبار المقاومة التي تبلغ قيمتها ١٠٠٠ أوم في بعض الدوائر الإلكترونية صغيرة . ويوضح الجدول رقم ١ - ١ بعض مضاعفات وجزئيات الوحدات الشائعة . مثلاً تعمل بعض الدوائر الإلكترونية عند تردد عدة جيجا هرتز ( 1 GHz - 1000 million hertz ) ونقل قيم المكونات لثل هذه الدوائر بالنانوهراد

$$(1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F} = 0.001 \text{ } \mu\text{F} = 1000 \text{ pF}).$$

وفي بعض الدوائر الأخرى ، يمكن قياس شدة التهرب خلال الترانزستور ملينيو أمبير

$$(1 \text{ nA} = \text{one thousandth of one millionth of an ampere}).$$

وسيوصح بعضاً من أحجام الوحدات الأخرى في الأمثلة التالية :

مثال ١ - ١ إذا سلط جهد كهربى بمقداره 10V على دائرة كهربائية مقاومتها 20 MΩ ، احسب قيمة التيار المار في أدائره وكذلك قيمة القدرة المستهلكة .

الجدول رقم ١ - ١ : مضاعفات وجزئيات الوحدات

الرمز	البادئة	المضاعف
T	tera	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
G	giga	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
M	mega	$10^6 = 1\,000\,000$
k	kilo	$10^3 = 1\,000$
c	centi	$10^{-2} = 0.01$
m	milli	$10^{-3} = 0.001$
μ	micro	$10^{-6} = 0.000\,001$
n	nano	$10^{-9} = 0.000\,000\,001$
p	pico	$10^{-12} = 0.000\,000\,000\,001$
f	femto	$10^{-15} = 0.000\,000\,000\,000\,001$
a	atto	$10^{-18} = 0.000\,000\,000\,000\,000\,001$

**الحل**

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10}{20 \times 10^3} = 0.5 \times 10^{-6} \text{ A} = 0.5 \mu\text{A} = 0.0005 \text{ mA}$$

$$= 500 \text{ nA}$$

$$P = EI = 10 \times 0.5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-6} \text{ W} = 5 \mu\text{W} = 0.005 \text{ mW}$$

$$= 5000 \text{ nW}$$

مثال ١ - ٢ . احسب الطاقة المستهلكة في مقاومة كهربيته مقدارها 100 k اذا ما سيط بين طرفيها جهد كهربي مقداره 12 mV .  
ولمدة 60 s .

**الحل**

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12 \times 10^{-3}}{100 \times 10^3} = 0.12 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$= 0.12 \mu\text{A}$$

$$W = EIt = (12 \times 10^{-3}) \times (0.12 \times 10^{-6}) \times 60$$

$$= 86.4 \times 10^{-9} \text{ watt-seconds or J}$$

$$= 86.4 \text{ nJ}$$

$$= 0.0864 \mu\text{J}$$

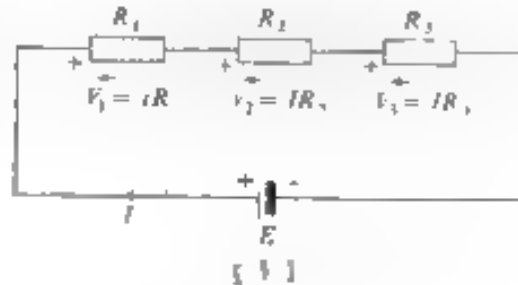
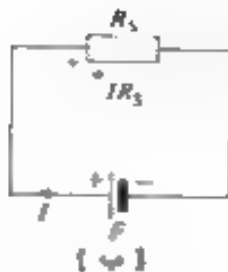
## ١ - ٥ توصيل المقاومات على التوالي

يقال ان المقاومات متصلة على التوالي اذا اسباب نفس التيار في كل منها كما هو مبين بشكل ١ - ٣ .

هبط الجهد او فرق الجهد بين طرفي المقاومة  $R_1$  ، هو  $IR_1$  وبين طرفي المقاومة  $R_2$  يكون  $IR_2$  . بينما تكون قيمته  $IR_3$  بين طرفي المقاومة  $R_3$  . وتكون القوة الدافعة الكهربائية  $E$  مساوية لمجموع فروق الجهد المذكورة . وذلك بفرض ان المقاومات الثلاث الموضحة

( ١ - ٣ )

$$E = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$



شكل ١ - ٣ دائرة تحتوي مقاومات متصلة على التوالي

بالشكل رقم ١ - ٢ | أريد أدلت بمعاومه واحده مكافئه مقدارها  $R_S$  كما هو موضح بالشكل رقم ١ - ٣ . ب . وشرط أن لا يتغير قيمة التيار  $I$  في كلتا الحالتين . أو معنى آخر

( ٢ - ١ )

$$E = IR_S$$

ولكى تتكافأ الدائرتين كهربائيا ، ينبغي أن يساوى كلتا المعادلتين رقمي | ١ - ١ | و | ٢ - ١ | للدائرتين الكهربائيتين . أي أن

$$E = IR_S = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

( ٢ - ١ )

أو

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

وهكذا سن المعادله رقم ١ - ٢ أن قيمة المعاومه المكافئه لدائره تشمل مقاومات متصلة على التوالي يساوى المجموع الكلى للمقاومات المنفردة . وهكذا يكون قيمة المعاومه المكافئه اكبر من اقصي قيمة لاي من المقاومات التي تشتملها هذه الدائره .

مثال ١ - ٣ . وصلت ثلاث مقاومات على التوالي ضمن دائره اكبرويه مصدر للجهود سعته 12V بحيث أصبحت فيه التيار  $6 \text{ mA}$  . فإذا كانت قيمة احدى المقاومات  $1 \text{ k}\Omega$  بينما بلغ فرق الجهد بين طرفي مقاومة ثانية 3.6V . احسب القيمة العددية للمقاومة الثالثة .  
**الحل** : الدائره التي في هذا المثال هي من النوع المس في شكل ١ - ٢ | وحيث أن قيمة التيار  $I$  بلغ  $6 \text{ mA}$  ، فنطبق المعادله | ٢ - ١ | فنكون المقاومة المكافئه للدائره هي :

$$R_S = \frac{E}{I} = \frac{12 \text{ V}}{6 \text{ mA}} = \frac{12}{6 \times 10^{-3}} = 2000 \Omega$$

إذا كانت  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$  وإذا كان فرق الجهد بين طرفي  $R_2$  هو 3.6V . وبما أن فيه التيار المس بلغ  $6 \text{ mA}$  . لذا يكون قيمة  $R_2$  كما يلي :

$$R_2 = \frac{3.6 \text{ V}}{6 \text{ mA}} = \frac{3.6}{6 \times 10^{-3}} = 0.6 \times 10^3 \Omega = 600 \Omega$$

والآن

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

أو

$$2000 = 1000 + 600 + R_3 = 1600 + R_3$$

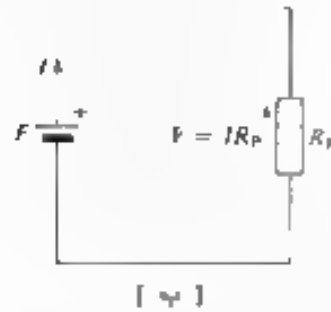
لذلك

$$R_3 = 2000 - 1600 = 400 \Omega$$

## ١ - ٦ توصيل المقاومات على التوازي

يلاحظ أن فرق الجهد بين أطراف المقاومات المتصلة على التوازي ثابت ولا يختلف . ففي الدائرة الموضحة بالشكل ١ - ١١ يتساوى فرق الجهد  $V_1$  على المقاومة  $R_1$  مع فرق الجهد  $V_2$  على المقاومة  $R_2$  . وبمساوى كل من فرق الجهد مع ضغط المصدر  $E$  . وهكذا يكون

$$E = V_1 = V_2 = I_1 R_1 = I_2 R_2$$



شكل ١ - ١٢ دائرة مقاومات متصلة على التوازي

وحيث أن قيمة التيار الكلي الخارج من المسح لا متغير ، لذا فإن قيمة التيار المار من اتجاه التوصله A يتساوى مع مجموع التيارات الخارجة منها . أي أن

$$( ١ - ١ ) \quad I = I_1 + I_2 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} = E \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

ماداً استبدلنا المقاومين الموضحين في الشكل ١ - ١٢ بمقاوم مكافئ مقدارها  $R_p$  كما هو موضح بالشكل ١ - ١٢ ب حيث يتساوى قيمة التيار المار في المقاوم  $R_p$  مع قيمة التيار الكلي I والذي يعدى مجموعة التوازي الموضحة بالشكل رقم ١ - ١٢ أ فتكون

$$( ١ - ٢ ) \quad I = \frac{E}{R_p}$$

وحيث أن قيمة التيار الذي يعدي كل دائرة لا تتغير ، فإن

$$I = E \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{E}{R_p}$$

أي أن

$$(6-1) \quad \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

وبمعنى آخر ، تتساوى قيمة مقلوب المقاومة المكافئة لدائرة التوازي مع حاصل جمع مقلوب المقاومات كل على حده . وبسبب عن ذلك أن تقل قيمة المقاومة المكافئة لدائرة التوازي عن أصغر قيمة لأي من هذه المقاومات في السدائر ، ماذا لنصل متوابعان  $R_1$  و  $R_2$  على التوالي كحالة خاصة ، فإن المقاومة المكافئة لهما تأخذ القيمة التالية :

$$(7-1) \quad R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

حاصل ضرب قيمة المقاومين

مجموع قيمة المقاومين = أي

مثال ١ - ٤ يتكون الحمل الموصل لمكبر ترانسفور من مقاوم  $10 \text{ k}\Omega$  متصلة بالتوازي مع مقاوم  $100 \text{ k}\Omega$  . احسب المقاومة المكافئة لمجموعة التوازي هذه .

الحل . حيث أن الدائرة تحوى على مقاومين فقط ، فإنه من الممكن استخدام المعادلة [ ٧ - ١ ] لاجاد المقاومة المكافئة كما يلي :

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10\,000 \times 100\,000}{10\,000 + 100\,000} = \frac{1\,000\,000\,000}{110\,000} = 9090 \Omega$$

$$= 9.09 \text{ k}\Omega$$

وبلاحظ أن قيمة  $R_p$  تقل عن أصغر قيمة لأي من المقاومين في الدائرة

مثال ١ - ٥ . إذا مر تيار مقداره  $1.1 \text{ mA}$  في مجموعة التوازي ، الموضحة بالمثل ١ - ٤ احسب فرق الجهد الناتج بين طرفي المجموعة وكذلك ما تستهلكه من قدرة كهربائية .

الحل . حيث أن  $R_p = 9090 \Omega$  يكون فرق الجهد من طرفي الدائرة

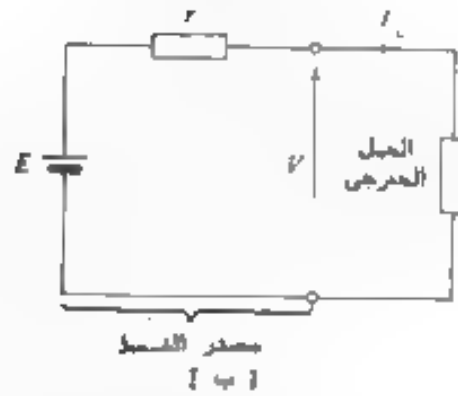
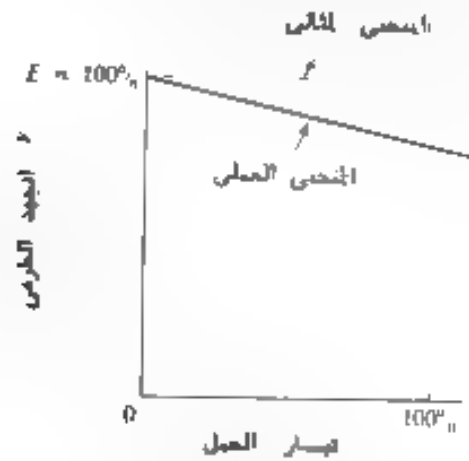
$$V = IR_p = 1.1 \times 10^{-3} \times 9090 = 10 \text{ V}$$

ومصبح القدرة المستهلكة

$$P = VI = 10 \times 1.1 \times 10^{-3} = 11 \times 10^{-3} \text{ W} = 11 \text{ mW}$$

## ١ - ٧ مصادر الضغط والتيار

« مصدر الضغط » هو الاسم الذي يطلق في مجال الإلكترونيات على مصادر القدرة التي تعطى جهداً يكاد يكون ثابتاً مهما كانت قيمة التيار المسحوب . ويعتبر مصدر الضغط « مونتجيا » متى انعدم قيمة مقاومته الداخلية وبالتالي يستطيع أن يحافظ على ثبات الجهد الطرفي مهما رادت قيمة التيار الممدى للحمل ويوضح الشكل ١ - ٥ ( ب ) حاسبة مثل هذه الدائرة



شكل ١ - ٥ ( أ ) خواص مصدر الضغط ( ب ) رسم داترتنا

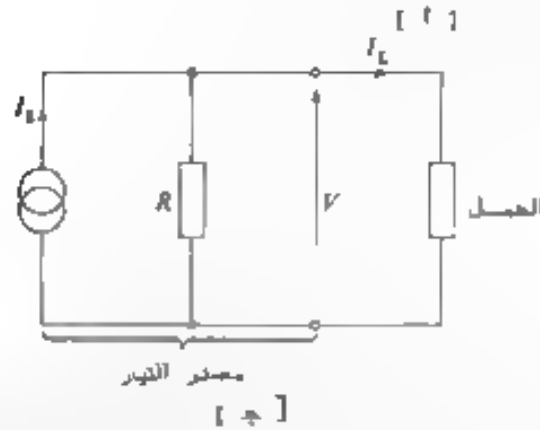
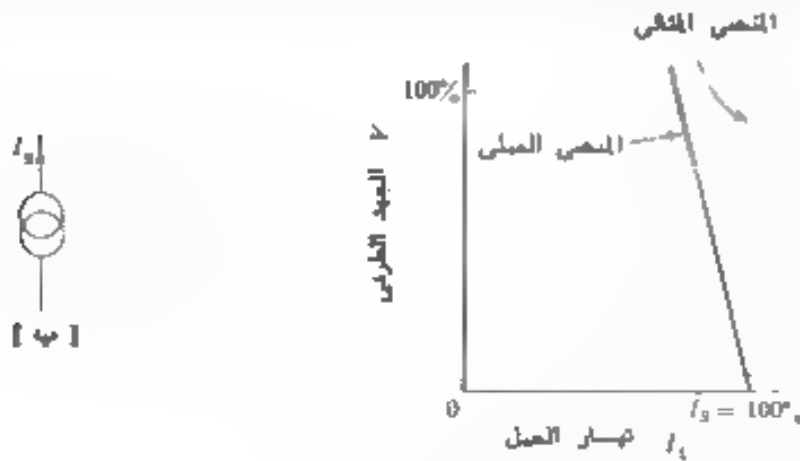
وتتملك مصادر الضغط المستخدمة في الحياة العملية مقاومة داخلية ونقل جهد الطرفين كلما زادت قيمة التيار المسحوب . وتسمى الدائرة الكهربائية المكافئة لهذا المصدر ، في بعض الأحيان بمصدر الضغط المكافئ ، لتبينه وهو مبين بالشكل ١ - ٥ ( ب ) ويعطى جهد الطرفين  $V$  بالمعادلة التالية

$$V = E - Ir$$



حيث تكون  $E$  هي قيمة الضغط بين طرفي الدائرة في حالة اللاحيل وتكون  $I$  هي قيمة التيار المسحوب في حالة وجود الحمل بينما تكون  $r$  هي المقاومة الداخلية لمصدر الجهد ومن الضروري أن تكون أنصبي معينة لحدوث الضغط الداخلي  $I r$  صغيرة إذا ما قوربت بقيمته  $E$  إذا ما أردنا اعتبار المصدر المغذي وكأنه « مصدر جهد » . ومن ضمن أمثلة مصادر المعدة التي تعتبر في الحية العملية كمصادر جهد توجد الخلايا الثانوية ومولدات التيار المستمر والمتغيرات وكذلك منظمات ضغط التي تعطي ضغطاً خارجياً لنا [ أنظر فصل ١٥ ] .

أما « مصدر التيار » فيعتبر نموذجياً متى استطاع المحافظة على ثبات قيمة التيار المغذي للحمل ، بصرف النظر عن قيمة مقاومة هذا الحمل . لذا ، من مثل هذا المولد للشار يستطيع من الوجهة النظرية أن يحافظ على ثبات قيمة التيار حتى إذا أصبحت مقاومة الحمل صفريه [ دائرة قصر ] أو بلغت قيمتها  $1000 M\Omega$  مثلاً [ دائرة مفتوحة في الواقع ] وبوصف الخط المتقطع في الشكل ١ - ٦ [ ١ ]



شكل ١ - ٦ خواص مصدر التيار [ ب ] اصطلاح الدائرة الكهربائية التي تمثل مصدر التيار المثالي [ ج ] الدائرة المكافئة لمصدر التيار المستخدم في الحياة العملية .

خواص مثل هذا المولد . ومن الصعب تنفيذ مثل هذه الدائرة من الناحية العملية ، حيث أنه لابد أن تكون لديها القدرة من الناحية النظرية لأعطاء

ضغط خرج لا نهائى . وعلى أية حال فمن الممكن ان نستخدم الدوائر الالكترونية للحصول على ما يقارب الى حد كبير مثل هذه الخواص المثالية ولكن فى نطاق حدود من قيم التيار المسحوب .

ولكى يستطيع القارئ ان يدرك مصور ما نعنيه بمصدر التيار ، فربما يكون من الملائم ان نعتبره جهدا كهربائيا عاليا متصلا على التوالي بمقاومه كمرة . فمثلا اذا كن هناك مصدر للتيار يمتدنا بشار قدره  $1 \text{ mA}$  من الممكن اعتباره كجهد كهربي قيمته  $100 \text{ KV}$  متصلا على التوالي مع مقاومه داخلية مقدارها  $100 \text{ M}\Omega$  . فاذا حدث قصر بين طرفي هذا المصدر فلن تبارا كهربائيا يسرى قيمته  $10^{-3} \text{ A} = 100 \times 10^3 / (100 \times 10^6)$  او  $1 \text{ mA}$  اذا تم توصيل حمل بين طرفي هذا المصدر بمقاومة قدرها  $1000 \Omega$  فان التيار الكهربي يخذ القيمة التالية

$$100 \times 10^3 / (100 \times 10^6 + 10^3) \approx 10^{-3} \text{ A}$$

ومن الواضح جدا ان القيم المذكورة اعلاه لنحدد الدخلى والمقاومة غير عملية ، ومع ذلك ، فمن الممكن تصميم بعض الدوائر الالكترونية التى تتحد ظاهريا مثل هذه القيم . ويوضح الشكل ١ - ٦ [ب] واحدا من الاصطلاحات المستخدمة لدائرة مصدر التيار ثابت القيمة .

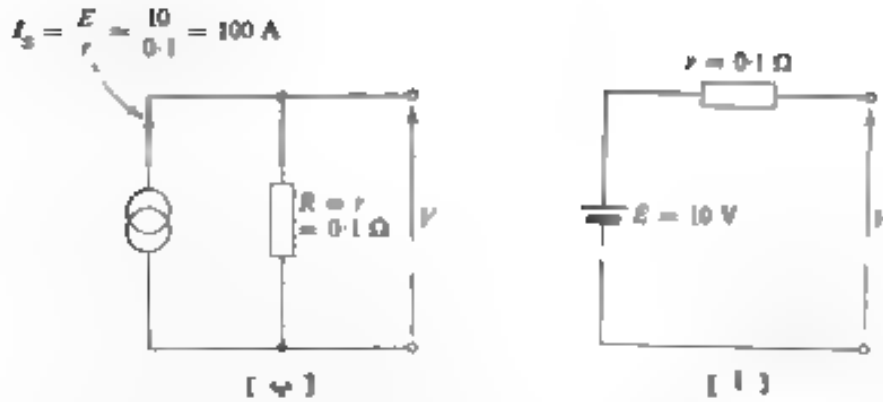
اما الشكل ١ - ٦ [أ] فيبين خواص واحد من مصادر التيار المستحبة فى التطبيقات العملية . وتتكون دائرته المكافئة كما هو مبين بالشكل ١ - ٦ [د] من مصدر مثالى للتيار ثابت العتبة وقد اوصل بين طرفيه مقاومة قيمتها  $R$  . ويسمى مثل هذا النوع من الدوائر « بالدائرة المكافئة لمورش » بالنسبة لمصدر التيار . وتكتسب بعض معدات المرازمفور والاهزة الكهروضوئية صفات مصدر التيار بالنسبة لحزء محدد من خواصها .

وقطعا ، من الممكن اعتبار خواص جميع مصادر القوى الكهربائية اما من طراز مصادر الضغط او من مصادر التيار . وتحدد العلاقة بين مجموعتي الدوائر المكافئة الموضحة بالشكل ١ - ٥ [ب] والشكل ١ - ٦ [د] كما يلى :

$$R = r$$

$$I_s = \frac{E}{r} = \frac{E}{R} \quad \text{و}$$

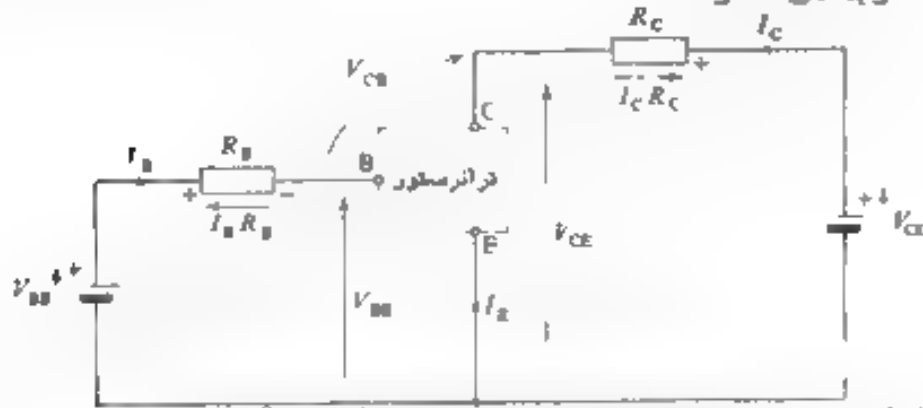
وهكذا ، نستطيع ان نمثل بطارية ذات جهد طرفى بدون حمل مقدارها  $10 \text{ V}$  ولها مقاومة داخلية مقدارها  $0.1 \Omega$  بالحدى الدائرتين الموضحتين فى الشكل ١ - ٧ .



شكل ١ - أ الدائرة المكافئة لمصدر الضغط ، [ ب ] والتي يمكن أن تستبدل بالدائرة المكافئة لمصدر التيار [ ب ]

## ٨ - ١ اصطلاحات الضغط والتيار المستخدمة في الدوائر الكهربائية

يبين على الرسم التخطيطي للدائرة اتجاه التيار المر خلال سلك مسدنى منهم مرسوم على هذا السلك ، حيث يشير السهم للاتجاه الذي يسير خلاله التيار . ونمثل الدائرة الموضحة بالشكل ١ - ٨ مكرراً بسيطاً من الترانزستور ، حيث يسير من خلاله التيار  $I_B$  ممحاً للطرف B ، وينسحب التيار  $I_C$  متجهاً الى الطرف C ، ممياً ينسحب التيار خارجاً من الطرف E .



شكل ١ - ٨ اصطلاحات الضغط والتيار المستخدمة في الدوائر الكهربائية

أن الجهد الكهربائي لنقطة ما هو فرق الجهد بين هذه النقطة ونقطة أخرى ثابتة . وعادة ما تكون هذه النقطة الثابتة في الدائرة الإلكترونية ما متصلة بالأرض أو بشاسيه الجهاز . وبين فرق الجهد بين نقطتين في الدائرة مرسوم سهم بين هاتين النقطتين كما هو موضح في الشكل . ويقصد بفرق الجهد  $V_{BE}$  جهد النقطة B بالنسبة الى E ويقصد بفرق الجهد

$V_{CE}$  جهد النقطة C بالنسبة الى E ويكتب الرمز  $V_{CE}$  للشكل الموضح  
 كمرق للجهد بين الطرفين C ، B حيث  $V_{BE} =$  جهد نقطة C بالنسبة  
 الى B = [ جهد C بالنسبة الى E ] - [ جهد B بالنسبة الى E ]

$$= V_{CB} - V_{BE}$$

لذلك . اذا كان جهد C هو  $6V$  بالنسبة الى E ، واذا كان جهد B  
 هو  $+0.3V$  بالنسبة الى E ، فان

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 6 - 0.3 = 5.7V$$

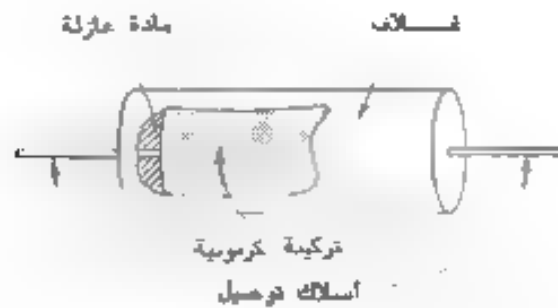
## الفصل الثاني

### المقاومات

تستخدم طرق كثيرة لصناعة المقاومات الثابتة والمغيرة المستعملة في الصناعات الالكترونية وسوف نوضح ببساطة بعض الانواع الهامة منها :

#### ٢ - ١ المقاومات الثابتة

**المقاومات كربونية التركيب :** تصنع المقاومات كربونية التركيب [ انظر شكل ٢ - ١ ] من كربون المسحوق ومادة غير موصله مثل مسحوق سيراميك [ الفخار ]



شكل ٢ - ١ مقاوم من مادة كربونية التركيب

تصنع المادة بالشكل المطلوب ، والذي يكون عادة اسطوانيا ثم تحدد بالحرارة ويرش طرنا المقاومة مسحق حتى يمكن عمل التوصيلات بالاسلاك الخارجية ، وهناك طريقة اخرى ، تمثل في كس الطرفين بطاقتين معدنتين . وفي اغلب الاحوال يطلق اسم « المقاومات الكربونية » على مثل هذا النوع من المقاومات . وقد استحدثت هذه المقاومات كربونية التركيب بكثرة ولامد طويل في مجال المقاومات الا ان انواعا اخرى بدأت في منافستها . ويتم تصنيع مثل هذه المقاومات بقيم تتراوح بين  $10\ \Omega$  و  $100\ M\Omega$  وتقلص قيم هذه المقاومات بعد تصنيعها وتصنف كجسومات بقيم مختلفة [ انظر

الفصل ٢ — ٢ [ . وحيث أن قيمة كل مقاومة على حدة تختلف عادة من القيمة العالية لكل مجموعته منه قد أصبح من الشائع عمليا أن يحدد قيمة التفاوت المسموح به لكل مجموعة .

وهكذا ، فإن المقاومة ذات القيمة الاسمية المحددة بـ ١٠ أوم ، ولها تفاوت مسموح به مقداره  $\pm 10\%$  تقع قيمتها الحقيقية في هذا المدى .

$$\text{أقل قيمة} = 10 \Omega - (10\% \text{ of } 10 \Omega) = 10 - 1 = 9 \Omega$$

$$\text{أكبر قيمة} = 10 \Omega + (10\% \text{ of } 10 \Omega) = 10 + 1 = 11 \Omega$$

ومن الممكن تقبل تفاوت في المدى من  $5\% \pm$  إلى  $10\% \pm$  في احوال التشغيل العادية .

أما في الأغراض الدقيقة فيسمى تصديق هذا المدى من التباين المسموح به ومعتمد كمية الحرارة المسموح بها لكل مقاوم إذا مرر به تيار كهربائي على قدره التقديرية وإلى حد كبير ، معتمد قدره التقديرية على أبعاد المقاوم حيث أنها هي التي تحدد مساحة السطح المتاحة للاشعاع الحراري . وتبلغ القدرة التقديرية المعتادة لمثل هذه المقاومات الكربونية ما يعادل  $\frac{1}{4}$  ، ١ ، ٢ ، ٤ ، ٦ ، ١٠ واط . ويتم تصنيع بعض منها بسعات من القدرة أكبر من التي ذكرت . ويوضح الجدول أدناه بعضا من الأبعاد المعتادة للمقاومات الكربونية التركيب .

القدرة التقديرية (W)	الطول (mm)	القطر (mm)
$\frac{1}{4}$	8	2.5
$\frac{1}{2}$	10	4
1	16	6
2	18	8

ويمكن حساب أقصى قيمة للتيار الكهربائي المسموح به لكل مقاوم على حدة بمعرفة قدرته التقديرية من هذه العلاقة .

$$\text{القدرة التقديرية} = [ \text{أقصى تيار} ]^2 \times \text{المقاومة} = I^2 R$$

حيث —

$$\text{التيار} = \sqrt{(\text{القدرة التقديرية} / \text{المقاومة } R)}$$

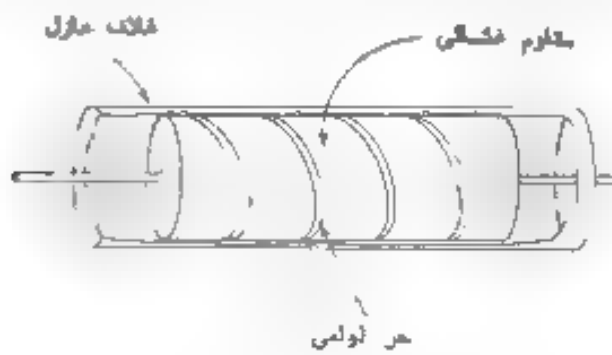
فالمقاوم  $10 \Omega$  الذي تبلغ قدرته 2 W يمكن أن يتحمل تيارا بحد أقصى قدره

$$I = \sqrt{(2/10)} = \sqrt{0.2} = 0.45 \text{ A}$$

وينبغي أن يدرك القارئ أن القيمة العادية للتيار في الدوائر التي يتم تصميمها يقل عن الحد الأقصى . ومن المعلوم أنه في حالة التشغيل المستمر

للمقاومات الكربونية قدرتها التقديرية من أى زيادة فى جهد المصدر أو فى درجة الحرارة المحيطة سيؤدى إلى تغيير ماطر فى قيمة المقاومة . وعلاوة على ذلك ، فإن ثبات قيم هذا النوع من المقاومات يعتمد على مدى الطويل ، ويمكن أن يغير قيمة المقاومة إلى ما يعادل خمسة فى المائة خلال عام واحد . ومن الممكن أن تنحرف قيمة هذه المقاومات الكربونية عن حدود التفاوت المسموح به ، إذا ما سرى بها تيار كهربائى رند عن الحد أو إذا ما تم تشغيلها فى جو شديد الحرارة . وفى بعض الأحوال ، تعتبر قيمة المقاومات نميراً طمياً مع تغير قيمة جهد المصدر وبسبب من هذه العيوب الموصحة أعلاه أنه قيود يمكن أن تحد من استخدام هذه المقاومات طالما أن تصميم الدوائر وتشغيلها قد تم على وجه صحيح . مقلة تكلف ومصر حجم المقاومات كربونية التركيب تميزها أساساً عن كافة الأنواع الأخرى .

**المقاومات الغشائية :** يتطلب تصميم المقاومات الغشائية نشر غشاء (film) محتاس من مادة ذات مقاومة حول سطح قصبة أسطوانى ويمكن زيادة مقاومة أى مقاوم بقطع حر لولوى فى هذا الغشاء وبذلك يتغير شكل مسار المقاومة بين الأطراف كما هو موضح بالشكل ( ٢ - ٣ ) .



شكل ٢ - ٢ مقاوم غشائي

وتوجد ثلاثة أنواع مشهورة للمقاومات الغشائية ، منها الغشاء الكربونى ، غشاء الأكسيد المعنى ، وكذلك الغشاء المعنى . وعموماً ، من الممكن أن يصنع المقاومات الغشائية مصنعة على درجة قريبة من الدقة لو أنها دقيقة الصنع ، ويستخدم كلا الغشائين الكربونى والأكسى معدس بكثرة فى الإعراس العامة كمنشقة للنظور فى الإنتاج الأوملى . مقاومات الغشاء الكربونى [ مقاومات الكربون المنشقة ] وبصنع هذا النوع من المقاومات بامرار بحار الكربون المنشع بالهيدروجين فى حالة بقيه وعند درجة حرارة تبلغ حوالى  $1000^{\circ}\text{C}$  على قصار من مادة حرمة . ويتخلل البحار [ غيباً يعرف بحلبه التشقق ] ويتكون غشاء رقيق من الكربون فوق القضايل وبصنع النهايات للتوصلات الخارجية عند طرمى التضييب . وعموماً ندعو الحاجة لمقاومات ذات حاصية عالية من الثبات فقد أعتبر مثل هذا النوع من المقاومات كبديل وحيد للمقاومات ذات السلك الملفوف . وقد اشتهرت مقاومات الغشاء الكربونى بالتالى على أنها ذات قيم عالية من الثبات .

ولوقاية مقاومات الغشاء الكربوني من تلوث الجو فانه من المعتاد طلاءها بعدة طبقات من اللاكيه او بطبقه لأكيه معطاة بشريط من البلاستيك . وتحدث تغيرات كيميائية في الغشاء كنتيجة لحو البحر وسسه الرطوبه العاليه مما يؤدي الى تغير في قيمة المقاومة وينبغي اتخاذ الاحتياط أيضا لعدم تشميل المقاومات لمدد طويلة حشيه أن يحدث تفاعل كيميائي بين مادة الغشاء المقاوم والطبقة الواقيه . كنتيجة للتزايد المائي في درجة الحرارة وتعرض مقاومات الغشاء الكربوني للتآكل الإلكتروني اذا ما وصلت اطرافها لسطح كهربائي مسير مع بواحد جو رطب ، إلا أن الطبقة الواقيه تمنع هذا التآكل .

وتتراوح قيمة مقاومات الغشاء الكربوني مادة بين  $10 \Omega$  و  $10 M\Omega$  وتقدر بمقاديرها  $\frac{1}{2} \pm 1$  ،  $\frac{1}{2} \pm 1$  ،  $\frac{1}{2} \pm 1$  ويحتار التفاوت المسموح به عادة لمثل هذا النوع بـ 5% ولو أنه من الممكن أيضا أن يقتصر هذا التفاوت الى 1% ، 2% .

**مقاومات غشاء الأكسيد المعدني :** ويطلق أيضًا اسم مقاومات الغشاء الأكسيدي وهي تتكون من أكسيد القصدير المترسب حول دليل تشكيل خزفي .

تتراوح قيم المقاومات ما بين  $1 \Omega$  الى  $2 M\Omega$  وتتراوح قيم التفاوت المسموح به من 1% الى 5% .

ويمكن تشغيل مقاومات الغشاء الأكسيدي على درجات حرارة أعلى من التي تشتمل عليها مقاومات الغشاء الكربوني ولكن بمقدار أقل من الثالث . ولهذا السبب يمكن اعتبار مقاومات الغشاء الأكسيدي من بعض الاحيان كمقاومات متعددة الاعراس طبقا لقدرتها التقديرية . نادراً حدثت القدرة التقديرية لمقاومة الغشاء الأكسيدي بـ  $\frac{1}{2}$  وات مثلاً ، فانها تعتبر مقاومة ذات قيمة اقرب الى الحقبة [ أ ] ان مقاومتها تعتبر بدرجة طفيفة مع القناتم ومع درجة الحرارة [ ب ] ، أما اذا رشت القدرة التقديرية الى  $\frac{1}{2}$  وات فان المقاومة تعتبر من هذه الحالة متعددة الاعراس . فاداً تم تشغيل هذه المقاومة بقدرة استهلاك تقارب 1 وات فانها تعتبر مقاومة قدرة .

**مقاومات الغشاء المعدني :** ولمثل هذا النوع من المقاومات يتم تبخير غشاء معدني رقيق من شبكة النيكل والكروميوم في العادة ، حول سطح اسطوانتي عززل من مادة خزمية ، وفي جو مفرغ من الهواء . وكما يتضح في الانواع الأخرى من المقاومات الأخرى العشائية ، يمكن التحكم في قيمة المقاومة بعمل قطع لولبي بالغشاء .

وتماثل المسادة المقاومة في مثل هذا النوع مقاومة السلك المستخدم في المقاومات ذات السلك الملفوف ، ولها الخواص الهامة الأتية :

[ 1 ] تكون مقاومتها على درجة عالية من الثبات عندما يتم تشغيلها عند درجة حرارة ثابتة .



[ ب ] لها معامل مقاومة حراري منخفض [ م.م.ح ] ، ويستحسن ان يكون معامل المقاومة الحراري منخفض ، حيث انه في هذه الحالة يكون التعبير في المقاومة شئلا بالنسبة لكل معبر محدد في درجة الحرارة . ومن الممكن التحصل على مقاومات الغشاء المعدني ذات معامل مقاومة حراري تتراوح قيمه بين 5 الى 100 جزء من مليون لكل درجة حرارة واحدة مئوية ، بينما يبلغ قيمة هذا المعامل أكثر من 1000 جزء من مليون لكل درجة واحدة مئوية من المقاومات كربونية التركيب . وعلى هذا يصح من الارقام السابقة ان التعبير في المقاومة كربونية التركيب يتراوح بين عشرة أمثال اى مائتي مثل التعبير الذي يحدث للمقاومة ذات الغشاء المعدني وذلك بالنسبة لنفس التعبير في درجة الحرارة بكل منهما .

وعلى العموم ، فان تصنيع مقاومات الغشاء المعدني يتم في ثلاثة من التدرجات التالية : الطراز المقارب للدقة والطراز الدقيق والطراز المرط في الدقة . عليا بأن هذه الأنواع الثلاثة تتدرج في ثبات قيمة مقاومتها وفي صغر قيمه التغيرات المسموح به لكل منها . فالمقاومات ذات الطراز المقارب للدقة تعطى بعلونا مسموحا به بين 0.1 الى 1 في المئة بسبب يكون التغيرات المسموح به بالنسبة للطراز المرط في الدقة محصورا بين 0.001 الى 0.1 في المئة .

#### مقاومات الغشاء السميك ( مقاومات السيرميت ) .

تصنع هذه المقاومات بأن يرسيب غشاء سميك [ في العادة يبلغ سمكه مائة ضعف نظيره من مقاومات الغشاء الكربوني ] مكون من خليط السيراميك والمعدن [ سيرميت ] حول سطح المادة السيراميكية . سحر المقاومة في زمن فتصنع مقاومة زجاجية ذات غشاء سميك .

عندما تصنع كل مقاومة على حدة فوق سطح اسطوانى عازل من المادة فانها تصنع مقاومة معدنية رجاحية او مقاومة السيرميت ( وكلية سيرميت مشتقة من المقطعين الاولين لكلمتي حرم ومعدن باللغة الانجليزية ) ويمكن التحكم في قيمة مقاومة المقاوم المطلوبة بعمل قطع حلزوني في الشريط . وعادة يقدر قيم المقاومات المصنعة في الحدود من  $10 \Omega$  الى  $2.5 M\Omega$  تقديريه بما يعادل 2 W وتسمح بعض المصانع بمقاومتها بقيم تقع في حدود أقل من المذكورة وتتغيرت تصل الى 8 وات ، وفي العادة يبلغ التفاوت المسموح به 1-5% بالنسبة لدى القدرات الأصغر بينما يصل الى 10% بالنسبة لدى القدرات الأكبر . وتكامل المقاومات بعد تصنيفها لتصبح وحدات صلبة قادرة على مقاومة الصدمات والاهترارات في أية تطبيقات عنيفة في البيئة المحيطة .

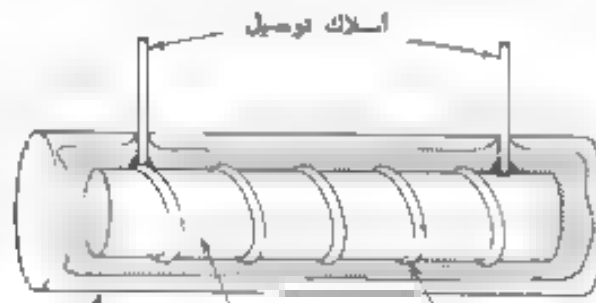
تستخدم شبكات من مقاومات الغشاء السميك في فوائير محولات القيم الرقمية الى القيم التناظرية [ انظر الفصل السادس عشر ] وفي بعض

المعدات الالكترونية الاخرى وتتمنع موى سطح عازل من الملاء الحرارية .  
ومى احدى طرق الانتاج التى تسمى طريقة « الطبع والحرق » ، يطبع الحر  
والذى يحل مى تركيبه السيرميت او اى ملاء اخرى مشابهة ، موى السطح  
العازل من الملاء الحرسة والتى حدد بها الشكل الهيكلى للمقاومات المطلوبة  
ثم تترك لجف وبعدھا محرق مى احدى الامران ومن الممكن طبع هياكل اخرى  
للمقاومات على نفس سطح الملاء مى مرحلة لاحقة من عمله الانتاج ، على  
أن يستخدم خبر آخر من نوع مختلف حتى يعطى مقاومه نوعية مخالفه .

**المقاومات ذات الغشاء الرقيق .** تصنع مقاومات الغشاء الرقيق بترسيب  
الملاء المقاومه ، بعد أن يتم تحجيرها فى حو مغرغ تماماً من الهواء ، فوق  
سطح الملاء العازلة ، وعادة ما تكون الملاء المقاومة اما سبيكة نكل وكروم  
او سبيكة نكل وكوبلت . ويوجد تكتيك آخر لانتاج مقاومات الغشاء  
الرقيق يستخدم فيه التناثوم المطلى بالالومنيوم . ومن الممكن ضبط قيمة  
المقاومة بحرقه غشاء الملاء . وتتراوح قيم المقاومات المتاحة بين 1Ω  
الى 50 MΩ مع تفاوت مسيوح به يمكن اختياره فى المدى من 1-5% .

**مقاومات السلك الملتفوف :** يصنع هذا النوع بلف عدة لفات من السلك  
على دليل تشكيل مخروط . وتصنع مواد السلك من سبائك النيكل والكروم ،  
التي تستخدم بكثرة ، بسب مقاومتها النوعية المرتفعة ، ولأن معامل مقاومتها  
الحرارى منخفض القيه ، كما وان هذه المواد لها مقاومة ذات درجة عالية  
من الاستقرار .

ويضم مقاومات السلك الملتفوف وحدات تقع فى المدى ابتداء من مقاومات  
القدرة الى تلك التى يمكن أن تتعد فيها على درجة عالية من الدقة . وقد  
تتراوح قيم مقاومات القدرة ذات السلك الملتفوف بين بصع وحدات من  
الوات وعدد من وحدات الكيلو وات . ولوقايه المواد المقاومة من تأثيرات  
الوسط المحيط ، تعطى اما بطبقة واقية من الطلاء الزجاجى ( انظر شكل  
٢ - ٣ ) او بخلطه من الرمل والاسمنت . هذا ومن الممكن تشغيل المقاومات  
المغطاة بالمعطاء الزجاجى حتى درجة حرارة حوالى ٤٥٠° م . بينما يمكن  
تشغيل الانواع الاخرى والمغطاة بخلطة السليكون والاسمنت حتى حوالى  
٣٠٠° م . علماً بأن تكلفة النوع الاخير اقل من النوع الاول



شكل ٢ - ٣ : مقاومة سلك ملتفوف مغطاة بخلطة زجاجية .

وذلك يستخدم بكثرة في المبدات الصناعية والمنزلية .  
وسوجد مقاومات القسوى بقم شراوح بين  $10\ \Omega$  الى  $1\ M\Omega$   
ببفاووبمسموح به من 5% — 1

اما بالنسبة لمقاومات السلك الملفوف المستخدمة معمليا فيكون البفاووب  
المسموح به محصورا بين 0.1% الى 0.01 % فقط .

## ٢ - ٢ قيم المقاوم المفضلة

لا حظنا فيما سبق ان قيم المقاومات المستخدمة عمليا تقع في مدى البفاووب  
المسموح به . ممثلا بالنسبة لمقاوم به قيمة اعتماريه قدرها  $47\ \Omega$  وبفاووب  
مسموح به 10% تكون قيمه واقعة في المدى

$$\text{القيمة العظمى} = 47 + 4.7 = 51.7\ \Omega$$

$$\text{القيمة الصغرى} = 47 - 4.7 = 42.3\ \Omega$$

وقد يبدو لاول وهله ان اقيمها الاعشارية للمقاوم وقدرها  $47\ \Omega$  هي قيمة  
اختياريه . ولكنها في الحقيقة هي قيمة واحدة من ضمن مجموعة القيم التي  
تغطي المدى المحصور بين  $10-100\ \Omega$  ماقل عدد من المقاومات ، وكذا لتعطيها  
المضاعفات العشرية لمثل هذا المدى . ونعرف هذه القيم على انها « القيم  
المفضلة » ، وقد ادرجنا جميع هذه القيم بالحدول [ ٢ — ١ ] لتفاوتات مسموح  
بها قدرها 5, 10, 20 في المائة .

جدول [ ٢ — ١ ] القيم المفضلة للمقاومات للمدى من  $10-100\ \Omega$

النسبة المئوية للتفاوت		
20%	10%	5%
10	10	10
		11
		12
15	15	13
		15
		16
		18
		20
22	22	22
		24
		27
		30
		33
33	33	36
		39
		43
		47
		51
47	47	56
		62
		68
		75
		82
68	68	82
		91

وتحذر القيم المفصلة بحيث أن قيمة مقاومة المقاوم عند أدنى حد للتفاوت المسموح به تساوى بالمقريب قيمة مقاومة المقاوم الأقل « قيمة مفصلة » ، مباشرة عند أقصى حد للتفاوت المسموح به . وبالمثل ، تكون قيمة المقاوم عند أقصى حد للتفاوت المسموح به مساوية على وجه التقريب لقيمة مقاومة المقاوم الأكبر « قيمة مفصلة » مباشرة عند أدنى حد للتفاوت المسموح به . ويمكن توضيح ذلك بالنسبة للمقاومة  $47 \Omega$  بتفاوت مسموح به قدره 10% كما يلي :

القيمة الاسمية ( $\Omega$ )	قيمة الحد الأدنى ( $\Omega$ )	قيمة الحد الأقصى ( $\Omega$ )
39	42.3	42.9
47	50.4	51.7
56		

ومى التطبيق العملى يمكن الحصول على المضاعفات العشرية للقيم المدرجة فى الجدول [ ٢ - ١ ] . فمثلاً ، بالنسبة للمقاومات كربونية التركيب يحوى المدى المعتاد لمضاعفات مقاومة ذات القيمة  $22 \Omega$  القيم التالية .

$22 \Omega, 220 \Omega, 2.2 k\Omega, 22 k\Omega, 220 k\Omega, 2.2 M\Omega$

وحالياً يستخدم كثير من رجال الصناعة الرمز BS 1852 مع الرسم التخطيطى للدائرة لكى تعطى المعلومات التالية .

[ ١ ] تحديد مكان العلامة العشرية فى قيمة المقاومة

[ ب ] تحديد المضاعف العشري

[ جـ ] وبالإضافة ، قد تعطى معلومات من اختيار التفاوت المسموح به . ومن الممكن تحديد مكان العلامة العشرية وكذلك قيمة المضاعف العشري بواسطة الحروف الأبجدية التالية .

الحرف	المضاعف
R	$\times 1$
K	$\times 1\,000$ (3 zeros)
M	$\times 1\,000\,000$ (6 zeros)
G	$\times 1\,000\,000\,000$ (9 zeros)
T	$\times 1\,000\,000\,000\,000$ (12 zeros)

وتوضح الأمثلة التالية طريقة استعمال هذه القابلة :

0.18 $\Omega$ تكتب	R 18	1 k $\Omega$ تكتب	1 KO
1 $\Omega$ تكتب	1 R 0	68 k $\Omega$ تكتب	68 R
3.9 $\Omega$ تكتب	3 R 9	1 M $\Omega$ تكتب	1 MO
47 $\Omega$ تكتب	47 R	22 M $\Omega$ تكتب	22 M
100 $\Omega$ تكتب	100 R	120 M $\Omega$ تكتب	120 M

ويحدد الحروف التالية الرموز الاصطلاحية للقيم المنقاة للفاوت المسموح به

المضاعف (٪)	الحرف
0.1	B
0.25	C
0.5	D
1	F
2	G
5	J
10	K
20	M
30	N

وعبما يلي بعض الامثلة المعتادة

$$R18J = 0.18 \Omega \pm 5\%$$

$$47RK = 47 \Omega \pm 10\%$$

$$1K0F = 1 k\Omega \pm 1\%$$

$$4M7M = 4.7 M\Omega \pm 20\%$$

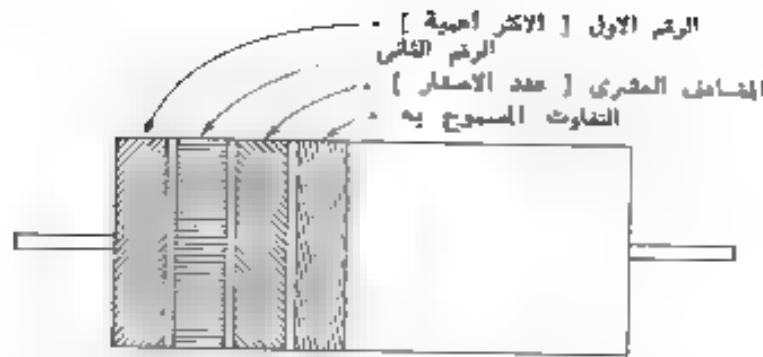
وستعمل نسخة معدلة من هذه الرموز الاصطلاحية مع المكثفات \* انظر الفصل الثالث ] .

## ٢ - ٣ الرموز الاصطلاحية لالوان المقاوم

توضح قيمة المقاومة بعنلم المقاومات [ ما عدا انواع السلك الملفوف ] المستخدمة في الالكترونيات برموز اصطلاحية للالوان . وبالنسبة للرمز الاصطلاحى المستخدم للمقاومات ذات النهايات المحورية بطبع لشرطة الالوان على جسم المقاومة فيما يعرف باسم « نظام الشريط الملون » [ انظر شكل ٢ - ٤ ] ويوضح الجدول ٢ - ٢ رموز الالوان الاصطلاحية والمستخدمة حالياً .

جدول ٢ - ٢ رموز لالوان المقاوم

اللون	قيم اول وثانى ارقام تحت العشرة	المضاعف الى يسار العلامة (الفاوت ٪) العشرة	عدد الاصفر
ذهبي	0.01		20
اسود	0.1		10
بني	1		5
أحمر	10	1	1
برتقلى	10 <sup>1</sup>	2	2
أصفر	10 <sup>2</sup>	3	3
أخضر	10 <sup>3</sup>	4	4
أزرق	10 <sup>4</sup>	5	5
بنفسجى	10 <sup>5</sup>	6	6
رمادى	10 <sup>6</sup>	7	7
أبيض	10 <sup>7</sup>	8	8
	10 <sup>8</sup>	9	9



شكل ٢ - ٢ شريط الملون لرموز الالوان

والجدول التالي يعبر [ اهداء السيد المهندس س. ح. و. م. من معهد شمال سياتورد شاير التكنولوجي للمؤلف ] أداة مفيدة جدا للمساعدة على تذكر ترتيب رموز الالوان .

القيمة	اللون	مساعد للتذكر
0	Black	Bye
1	Brown	Bye
2	Red	Reds
3	Orange	Off
4	Yellow	You
5	Green	Go
6	Blue	Bristol
7	Violet	Van
8	Grey	Great
9	White	Western

ويوضح الشكل ٢ - ٥ [ ١ ] واحدا من الامثلة لاستخدام نظام شريط الالوان ، فقيمة الرقم الاول وهو الاكثر اهمية يعطى شريط من اقصى يسار شريط التفاوت المسموح به . اب قيمة الرقم الثاني يعطى شريط اللون الثاني ، ويعطى الشريط الثالث اللون قيمة المضاعف العشري فلذا قرأت القيم المأخوذة من الشكل ٢ - ٥ [ ١ ] مع الاستعانة بالجدول ( ٢ - ٢ ) فلنأخذ نحصل على :

القيمة	اللون	
4	اصفر	اكثر الارقام اهمية
7	بنفسجي	اقل الارقام اهمية
2	احمر	المضاعف
10 %	فضي	التفاوت

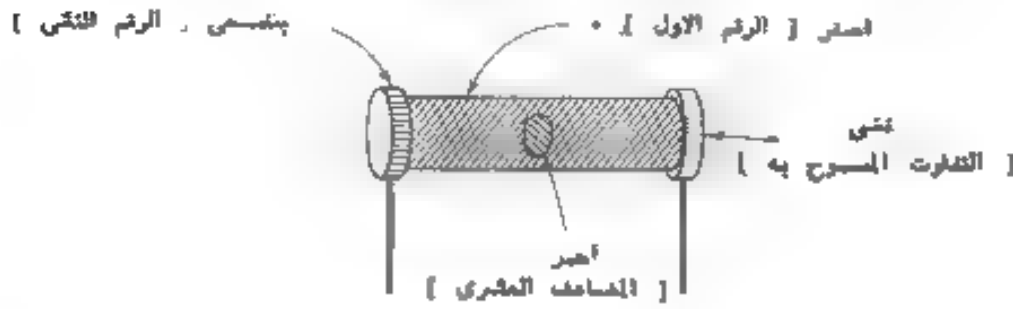
وهكذا تكون قيمة المقاومة  $4700 \Omega \pm 10\%$  . وبمكن بيان قيمة هذه المقاومة على الرسم التخطيطي للدائرة -  $4 K 7\%$  . وعندما لا يتواجد شريط التفاوت المسموح به ، يفهم من ذلك ان التفاوت المسموح به يبلغ  $\pm 20\%$

- أحمر [ المصاعف المعبرى ]
- أصفر [ الرقم الأول ]



- بني [ المقاومة المسموح به ]
- بنفسجي [ الرقم الثاني ]

[ ١ ]



[ ٢ ]

شكل ٢ - • الرموز الاصطلاحية لالوان المقاومات [ ١ ] نظام الشريط الملون و [ ٢ ] نظام نقطة وطرفا الجسم .

يوضح شكل ٢ - ٥ [ ب ] الطريقة القديمة غير المستخدمة حاليا والتي كانت تستخدم رموزا دولية للالوان وتسمى نظام نقطة - وطرفا - الجسم وهذه الطريقة هي أقل شيوعا من نظام الشريط الملون . وفي هذه الطريقة القديمة يعطى لون الجسم قيمة الرقم الأول [ وهو الأكثر أهمية ] بينما يحدد لون الطرف ، الذي يقع في أقصى يسار لون التفاوت المسموح به ، قيمة الرقم الثاني . أما قيمة المصاعف فتحدد قيمته بلون النقطة فوق الجسم وبالمثل ، يمكن تحديد قيمة المقاومة الموصحة بالشكل ٢ - ٥ [ ب ] بـ 47kΩ ، وإذا تمعّن طريقة الرموز الاصطلاحية الالوان مناسبة لتحديد قيمة المقاومات إلا أن لها مدة عيوب هي :

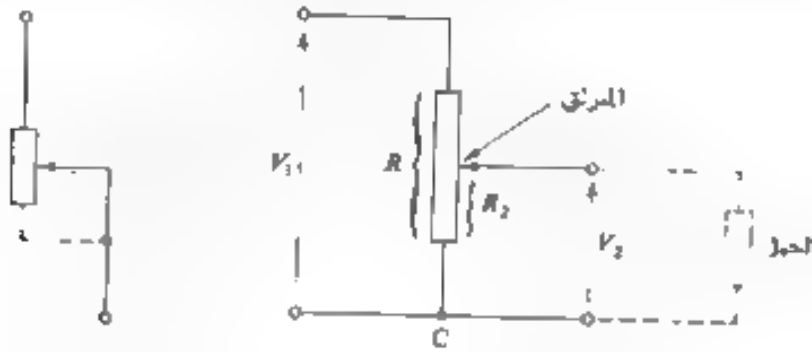
- [ ١ ] من الممكن أن تتغير الالوان مع القدم وكثرة الاستعمال .
- [ ٢ ] يحتمل أن يتغير اللون ظاهريا تحت ظروف الاضاءة الصناعية .
- [ ٣ ] يعني عمال الصيانة المصابون ببعض الالوان صعوبات لتحديد قيم المقاومات .

## ٢ - ٤ المقاومات المتغيرة ومقياس الجهد [ بولتنشيومتر ]

مقياس الجهد هو مقسم للجهد انظر شكل ( ٢ - ٦ ) حيث تتحدد قيمة فولت الخرج  $V_2$  لكل من فولت الدخل  $V_1$  وكذلك حركة المنزلق على مقياس الجهد . وتحدد قيمة فولت الحرج في حالة اللاحمل بما يلي :

$$V_2 = V_1 \times R_2/R \text{ volts}$$

ويعتبر مقياس الجهد خطيا اذا وجد تناسب بين  $V_2$  وحركة المنزلق الثالثة من النقطة المشتركة C وفي هذا الموضع من المقومات ،



[ ١٧ ]

[ ١٨ ]

شكل ٢ - ٦ [ ١ ] مقياس الجهد [ ب ] مقاوم متغير

تكون العلاقة على الرسم الذي يبين تغير  $V_2$  مع حركة المنزلق عبارة عن خط مستقيم يمر بنقطة الاصل . وفي العادة ، تحدد العلاقة التي نحصل عليها بالنسبة للفرقات العادية عن الخط المستقيم الا ان الانحراف عن الخط المستقيم يقل عن مقدار 0.5% في مقياس الجهد دقيقه الصنع .

وعندما يراد استخدام الجهاز كمحدد مقاوم متغير ، تنفذ التوصيلة الموصلة بالشكل ٢ - ٦ [ ب ] وفي بعض الاحيان ، يكون من الانسب ربط النهاية غير الموصلة بالصغر بالمنزلق كما هو مبين بالتوصيلة الظاهرة بالخط المنقطع في شكل ٢ - ٦ [ ب ] .

وتتميز قيمة المقاومة لكثير من مقاييس الجهد المستخدمة في المعدات السمعية بسعة لوماريتية مع حركة المنزلق . ويعرف هذا النوع من الفرقات ، مقاييس الجهد اللوماريتية . ويسمح مثل هذا الطراز من مقاييس الجهد بموائمة الاجهزة السمعية مع استجابة اذن الانسان .

وبين الجدول الاتي ندرج الاصناف الشائعة لمقاييس الجهد والمقومات المتغيرة

نوع مقياس الجهد	خصائصه
تسجيرة مرتفعة	سعة القدرة له اكر من 7W
المسراض عامة	سعة القدرة اقل من 7W
مضبوط مقدما	مقاييس جهد رخيصة الثمن، يمكن أن توجد مغير كسهولة تستعمل ناعرا للضغط
مرتبط الحسولة	مثل النوع السابق ولكنه اعلى دقته مرتفعة
دقيق	خطي الانحراف عن الخط المستقيم اقل من 0.5% عادة .



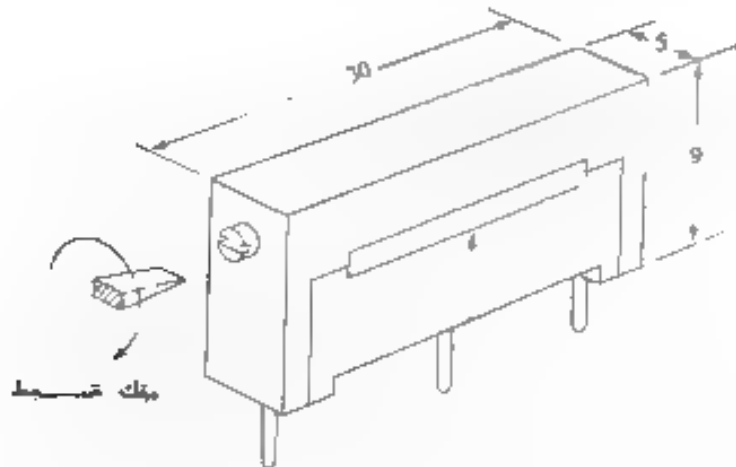
**اشكال مسارات مقاييس الجهد :** تقع اشكال المسارات المستخدمة في مقاييس الجهد في ثلاثة تشكيلات عريضة هي :

[ أ ] مستقيمة الاضلاع [ خطية ] .

[ ب ] على هيئة قوس

[ ج ] لولبية او متعددة اللفات .

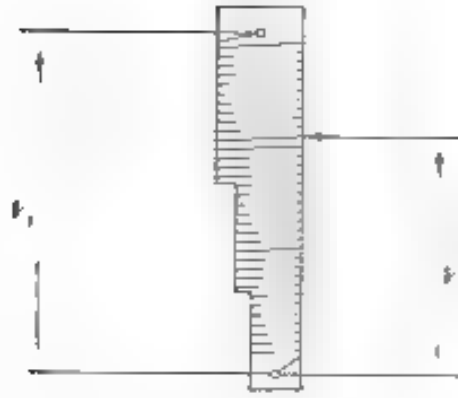
**عناصر المقاومة الخطية ،** ولها ممرق يتحرك في خط مستقيم على طول العنصر المقاوم . وتشمل التطبيقات المتعددة لمثل هذا النوع من بعض الماومات الصغيرة ذات القدرة المرتفعة والمستخدمه في الاغراض المعايه وكذلك اغراض التحكم في اجهزه hi-fi ومعديت الاستديو ولايكتبة التحكم الدقيق في وضع الممرق . يصبح دليل بارر للمفك مع الجزء المتحرك بينما يعشق الممرق ميكانيكيا مع ترس يحمي السرعة . ويوضح شكل ٢ - ٧ ، مثلا لهذا النوع اسباق ، على صورة مقاوم خطي مرتب الحبو له ومماثل للاسبصال من لوحه من الدوائر المطبوعه . والاعمال المبيه بالمثل كل هي بالمليقرات وسعة مثل هذه الوحدة يكون بين  $0.5 - 0.75 \text{ W}$  .



شكل ٢ - ٧ حبو له مقاسم خطي مرتب الحبو له ( الاعمال بالمليقرات )

في بعض التطبيقات ، مثل تنعيم تيار المحال للمحركات الكهربائية ، تكون المقاومة متدرجة لتعطي مقاومة لا تنعيم بانتظام مع الطول . وبين الشكل ٢ - ٨ احدى انواع مقاييس الجهد المتدرجة الخطية .

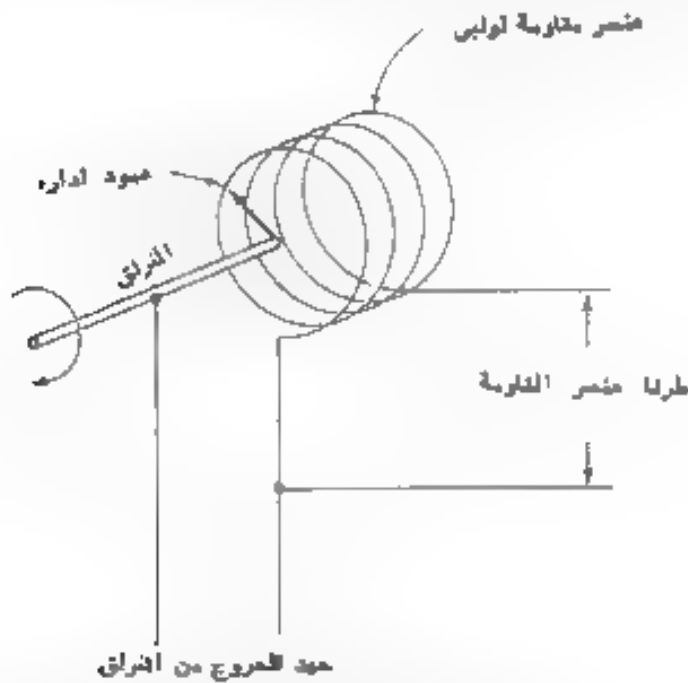
وتصنع مقاييس الجهد ذات اللفة الواحدة والترى شكل مسارها على هيئة القوس لجميع الاغراض ابتداء من النوع المستخدم للقوة الكبيرة حتى ذلك النوع المستخدم في الاغراض الدقيقة . والاعتماد على لفة واحدة لا يؤدي الى ترحة كافية من الدقة ، حيث ان راوية المحوران تكون



شكل ٢ - ٨ مقياس الجهد المخرج الفضي

في العادة من  $330^\circ$  —  $300^\circ$  ولا تصل إلى  $360^\circ$  كامله وفي الحقيقة ، تدمو انحاحه ، بالنسبة لبعض الأمراض التطبيقية بالعه الحصص إلى مقياس جهد بزاوية دوران مقدارها  $360^\circ$  . مع بعض أنواع الحسبات الالكترونية ، مثلاً ، تستخدم مولدات للداله الحسيه ، حيث توحد علاقته بين خرج الجهد وبين جيب أو حيب تمام زاوية دوران عمود الإدارة .

ويأخذ الجزء المقوم من مقاييس الجهد دوات المسار اللولبي [أو متعدد اللغات] شكلاً لولبياً متعدد اللغات . ويوضح شكل ٢ - ٩ فكرة مقياس الجهد لولبي المسار الذي يعطى ما يكافئ زاوية دوران مقدارها  $3600^\circ$  إذا ما احتوى عشر لفات . ومن الممكن إدارة عمود الإدارة بواسطة آلة تروس ملبسه ، بينها يمكن تحديد وضع المزلق بأرقام يمكن قراءتها من طريق مؤشر يتحرك ميكانيكياً .



شكل ٢ - ٩ التركيب الأساسي لمقياس الجهد لولبي المسار .

**أنواع العناصر المستخدمة في مقياس الجهد :** يمكن القول بصورة عامة ،  
أن أكثر أنواع عناصر المقاومة شيوعا هي :

[ أ ] الكربون

[ ب ] السيرميت

[ ج ] البلاستيك الموصل

[ د ] السلك الملفوف

تنقسم عناصر المقاومة المستخدمة في مقياس الجهد إلى نوعين هما ،  
المسار العنقودي والمسار المشكل . ويتكون النوع الأول من لآلية الكربون  
الراتنجي الذي يتم رشه على قاعدة عازلة . أما النوع الثاني فيصنع بتشكيل  
مسار الكربون الراتنجي على السطح من داخل هيكل مقياس الجهد .  
وتستخدم مقياس الجهد الكربونية في أكثر التطبيقات التي تدعو الحاجة  
إليها في الأغراض العامة وكذلك في استعمالات مقياس الجهد التي تم  
ضبطها مقدما .

مقياس الجهد السيرميتية . يتيح هذا النوع تصنيع عشاء سمك من المادة  
المقاومة فوق قاعدة السطح العازل ( انظر شكل ٢ - ١ ) . وحيث أن هذا  
العشاء متصل بآلة يكتب المادة صلابة دائمة ويسمح بالتشغيل عند  
درجات الحرارة المرتفعة . ويمثل مقياس الجهد المنظف المحمولة ، من النوع  
الدوراني ، والنوع الخطي ، معظم تطبيقات مثل هذا النوع من المواد .

البلاستيك الموصل . ويتخذ مثل هذا النوع مسارا من خصائص الكربون  
الدقيقة التي يتم توزيعها بانتظام على مادة راتنجية تصل عند التسخين  
ويكتسب المسار الناتج صلابة دائمة ويريد مدد التشغيل عن المدة المتوقعة  
في كافة الأنواع الأخرى . في المادة من 10 إلى 50 مرة ( ) . ويمثل  
الحاصيه الأخيرة أهم الظواهر البارزة لمثل هذا النوع من مقياس الجهد .  
ويمثل قبة مقاومه التماس بين المرق والمقاوم للارتفاع مما يؤدي إلى الحد  
من قيمة الفشار الذي يمكن استخراجه من المرق . ويقتصر عنصر البلاستيك  
الرطوبة مما يؤدي إلى تعيرات في قيمة المقاومة لا تعدى نسبها حوالي  
7%

هذا وتوجد مقياس الجهد ذات السلك الملفوف من جميع الأنواع ابتداء  
من تلك التي تتصف بالدقة حتى تلك الأنواع المستحقة في أغراض القوى  
ويصنع إما على أشكال خطية أو دورانية ومن له واحدة أو حتى سبع لفات .

## ٢ - ٥ المقاومات الحرارية [ الترمستور ]

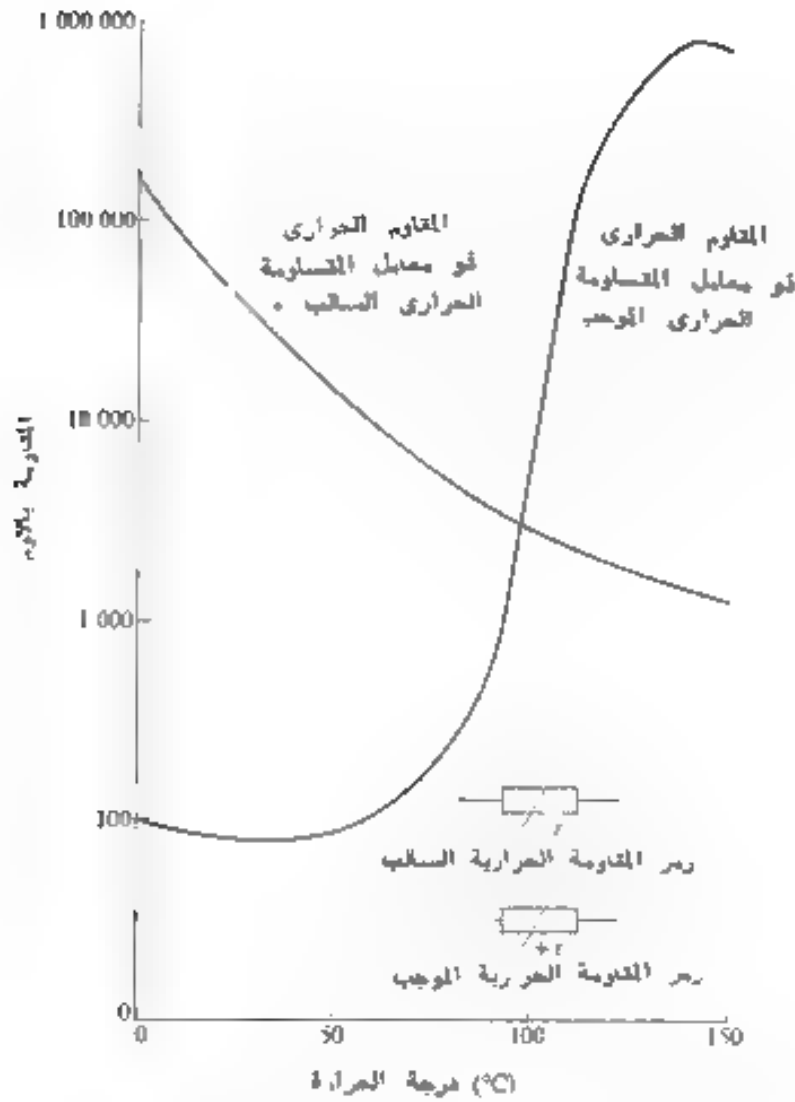
المقاوم الحرارى هو مقاوم حساس للحرارة تتميز مقاومته مع درجة الحرارة . ويستخدم مواعا من هذا المقاوم الحرارى هما المقاوم ذو معامل المقاومة الحرارى السالب ، والذي تقل مقاومته مع ازدياد درجة الحرارة ، والاخر ذو معامل المقاومة الحرارى الموجب ، والذي تزيد مقاومته مع ازدياد درجة الحرارة .

### المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحرارى السالب (N.T.C)

المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحرارى السالب هي معدات اشياء الموصلات الدائمه التى نرصد خاصية توصيلها مع ارتفاع درجة الحرارة [ او تقل مقاومتها مع ارتفاع درجة الحرارة ] ، كما اوضحنا فى الباب الاول . ويوضح الشكل ٢ - ١ جزءا من منحنى العلاقة التى تربط المقاومة بدرجة الحرارة لواحد من الاجهزة المستعدة ذات معامل المقاومة الحرارى السالب . ونأخذ درجات الحرارة ، التى يتم تشغيل هذه هذه المعدات عليها ، مدى يبدأ من  $80^{\circ}\text{C}$  - الى  $400^{\circ}\text{C}$  + بالتقريب . وتشتمل هذه المعدات فى اجهزة القياس ومحولات الطاقة الصغيرة المستخدمة لقياس الحرارة ، وعلى سبيل المثال تستخدم كمصدر حساس للحرارة لقياس درجة حرارة الماء بالنسبة لحركات السيارات . وتشمل بعض التطبيقات الاخرى قياس معدل سريان الموائع وكثافات مستوى السوائل ، الخ ... كما تستخدم فى التطبيقات الالكترونيه بكثرة وعلى سبيل المثال المضخات ودوائر الاتصالات واجهزة قياس القوى ذات الدقبات العالية ... الخ .

### المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحرارى الموجب : (P.T.C)

تمتلك بعض اشياء الموصلات خواص مشابهة لتلك التى يصر عنها المنحنى الايس فى شكل [ ٢ - ١ ] وتسمى المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحرارى الموجب . وعندما ترتفع درجة الحرارة من  $50^{\circ}\text{C}$  الى  $150^{\circ}\text{C}$  فإن هذا المنحنى يوضح تزايدا مفاجئا فى قيمة المقاومة . ونظرا لهذا التغير السريع فى قيمة المقاومة عبر هذا المدى القصير [ نسبيا ] من درجات الحرارة فان هذا النوع من المقاومات يسمى « المقاوم الحرارى اللحظى ذا معامل المقاومة الحرارى الموجب » .



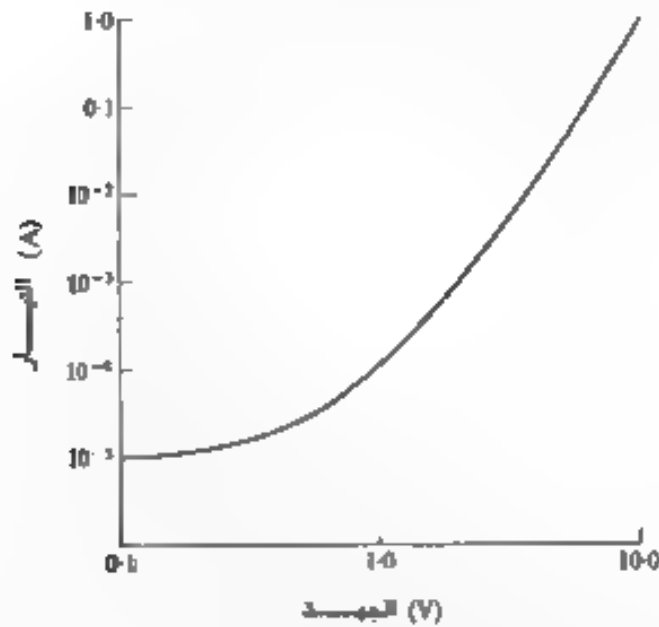
شكل ٢ - ١. المنحنيات المميزة للمقاوم الحراري

يشيع استعمال المقاوم الحراري اللحظي ذي معامل المقاومة الحراري الموجب في الدوائر الإلكترونية عندما يراد وقف المعطسية بالنسبة لصيحات الترميمون اللون ، فلكي يمكن المحافظة على تسهيل اللون الصحيح ، يتحتم أن تتكرر مدوحه معقولة عمليات محو المعطسية من الصمام . وأنسب وقت للقيام بهذه العملية هو عند بدء تشغيل جهاز الاستقبال . وهكذا يوصل المقاوم الحراري ذو معامل المقاومة الحراري الموجب على التوالي مع ملفات محو المعطسية من الصمام ونظرا لبرودة المقاوم الحراري عند بدء تشغيل جهاز الاستقبال ، فإن مقاومته تكون منخفضة ، وبناء على ذلك يسحب تيار كبير ذو قيمة كبيرة في دوائر الملفات والمقاوم الحراري وبسبب الحرارة المولدة عن هذا التيار يصل المقاوم الحراري إلى « درجة الحرارة الفاصلة » ، عندما تصل قيمة المقاومة لقيمتها العظمى في هذه اللحظة ويؤدي هذا إلى سرعة تقصير قيمة التيار المار في ملفات محو المعطسية

وهو التأثير المرعوب بالنسبة لصمام التلغزيون وتستخدم المقاومات الحرارية اللحظية دوات معامل المقاومة الحراري الموجب ايضاً ويكثر في دوائر وقاية المحرك الكهربائي من زيادة الحمل .

## ٢ - ٦ المقاومات تابعة الجهد

المقاومات تابعة الجهد هي اجهزة تقل مقاومتها مع ازدياد الجهد المؤثر على اطرافها ، ويوضح الشكل ٢ - ١١ العلاقة التي تربط كلا من الجهد والتيار لنوع شتت من مثل هذه المقاومات . ويطلق ايضاً اسم « الفريستور » باللغة الانجليزية على مثل هذا النوع من المقاومات .



شكل ٢ - ١١ العلاقة بين الجهد والتيار للمقاوم تابع الجهد ( الفريستور )

ومن المعتاد تصنيع هذه الاجهزة من كربيد السليكون وتستخدم أساساً في مجال وقاية المعدات الكهربائية من الارتفاع المفاجيء في الضغط . توصل المقاومة تابعة الجهد على التوازي مع الجهاز المراد وقايته وعندما يحدث أي ارتفاع مفاجيء للضغط بين طرفي الجهاز ، على مقاومة الفريستور تقل لحظياً وبذلك تمتص جزءاً من الطاقة المباشرة فتكسر حينها .

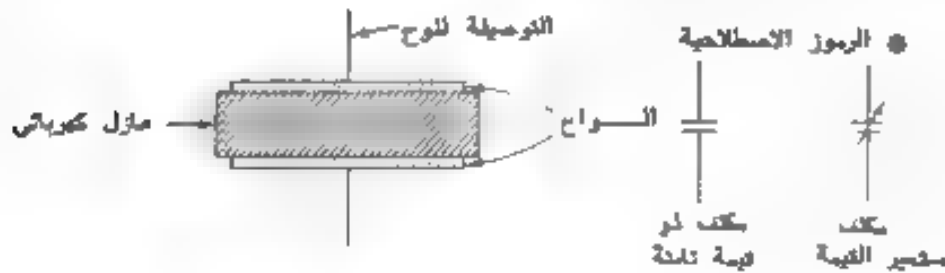
## الفصل الثالث

### المكثفات

المكثفات هي اسطة لديها القدرة على تخزين الطاقة الكهربائية ، وهي ذات أهمية حيوية بالنسبة للدوائر الإلكترونية . وتشمل الخصائص الأخرى للمكثفات قدرتها على تغيير زاوية الطور بين التيار والجهد في دوائر التيار المتردد [ انظر الفصل السادس ] ، وحقيقة أخرى هي أن قيم مفاعلات المكثفات تتغير مع تغير تردد المصدر .

#### ٣ - ١ فكرة عمل المكثف

يتكون المكثف من موصلين يعرف كل منهما باللوحة المعدنية أو الأقطاب ويوجد بينهما وسط عازل باسم « العازل الكهربائي » ويوضح الشكل ٣ - ١ التركيب الأساسي للمكثف ذي اللوحين المتوازيين . فالمادة العازلة تحتفظ بالطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف . وتستخدم مواد عازلة منها : الهواء ، والورق المشرب ، ومواد من البلاستيك ، والميكا ، ومواد من السيراميك .



شكل ٣ - ١ مكثف بسيط مكون من لوحين متوازيين

سنصف فيما يلي ميكانيكية تخزين الشحنة . فمن الممكن من وجهة النظر الإلكترونية اعتبار أن جزيئات المادة العازلة مكثفة لتضيق صغيرة

مستغطة واتما فوات « أقطاب كهربائية » موجبة وسالبة معندما يكون المكثف مفردا تطل « أقطاب » الجزئيات بملغول بعضها البعض حيث تشملهم الطاقة المخزنة في المكثف . فاداً ما سلط جهد ثابت بين لوحى المكثف ، تنتظم الجزئيات في نفس اتجاه المجال الكهربى متأثر القوة الكهربائية الماثنة .

وفى التو ، يتواجد عجز في الالكترونات باللوح الموصل للقطب الموجب بينما يحتوى اللوح الموصل بالقطب السلب على فائض من الالكترونات . فاداً تم فصل مصدر الجهد تستمر تفاعلية جزئيات المادة العازلة وتحترق الطاقة في العازل الكهربى .

ويلاحظ أنه من الممكن قياس فرق الجهد بين طرفى المكثف بعد فصله عن مصدر الجهد . ويستمر فرق الجهد هذا لمدة من الزمن تحطف من مدة دقائق الى عدة أيام طبقا لقيمة المقاومة التسريبية للعازل . ويقل فرق الجهد بمعدل في غلية البطء اذا ما ارتفعت قيمة المقاومة التسريبية ، وتسمح القيمة المنخفضة للمقاومة التسريبية للشحنة بالتسرب بمعدل أسرع .

عند التعامل مع الدوائر الالكترونية ، ينبغي التأكد ان المكثفات كبيرة السعة قد امتزجت تملها ، والا اصبح من المحتمل التعرض لصدمة كهربائية نتجة للشحنة المخزنة . ومن الممكن تقريبع المكثفات بأمان بلى توصيل مقاومة مقادارها حوالى 1kΩ بين طرفى المكثف لمدة قصيرة . كما يجب ان يتأكد مهندسو الصيانة ، عند استبدال المكثفات التالفة ، ان جهد التشغيل للمكثفات البديلة صحيح ، ذلك أنه يوجد احتمال لانفجار هذه المكثفات البديلة ، اذا تم تشغيلها على قيم اعلى من جهدها المقنن بسبب احتمال تولد بعض الخفرات من داخل المكثف .

## ٢ - ٢ وحدات السعة الكهربائية

تعرف قدرة المكثف على تخزين الشحنة الكهربائية بالسعة الكهربائية او السعة ، ويرمز لها بالرمز C . والفاراد هو وحدة السعة ويرمز له بالحرف F وتقدر سعة المكثف بالعلاقة التالية

$$\text{السعة بالفاراد} = \frac{\text{الشحنة المخزونة [ بالكولوم ]}}{\text{فرق الجهد بين الالواح [ بالفولت ]}}$$

او

$$C = \frac{Q}{V} \text{ farads (F)}$$



إذا كانت قيمة فرق الجهد بين طرفي المكثف  $10\text{ V}$  عندما كانت الشحنة المخزنة  $100\text{ ميكرو كولوم}$  ، فإن

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{100 \times 10^{-6}}{10} = 10 \times 10^{-6} \text{ F} = 10 \mu\text{F}$$

وحيث أن الفاراد يعتبر وحدة كبيرة جداً للسعة لذا تستعمل وحدات الميكروفاراد ( $\mu\text{F}$ ) والنافوفاراد ( $\text{nF}$ ) والبيكوفاراد ( $\text{pF}$ ) في التطبيقات العملية علماً بأن

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F} = 1000 \text{ nF} = 1\,000\,000 \text{ pF}$$

$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F} = 0.001 \mu\text{F} = 1000 \text{ pF}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F} = 10^{-6} \mu\text{F} = 0.001 \text{ nF}$$

هذا وتقل قيم السعة لمعظم المكثفات المستخدمة من  $0.01 \mu\text{F}$  بينما يستخدم عدد قليل من المكثفات بقيم كبيرة جداً [ تصل إلى حوالي  $10000 \mu\text{F}$  ] في المراسن القوى الكهربائية وشبكتها .

## ٣ - ٣ سماحية المواد العازلة

عند تسليط فرق جهد بين طرفي المكثف يتكون فيض كهربى في العازل . وسماحية العازل تباظر الموصلية بالنسبة للموصل الكهربى . فعند فرق جهد معين يستبدل عازل المكثف بأخر ذو سماحية أكبر ، فإن الفيض الكهربى في العازل يزداد لنفس فرق الجهد . أفن ، باستعمال عازل له سماحية أكبر نحصل على سعة أكبر لكل وحدة حجم . ويستخدم لرمز  $\epsilon$  [ وهو رمز يونانى ينطق إبسلون ] للسماحية ووحدة تقدر بالفاراد لكل متر . وفي التطبيق العملى ، يكون من المناسب الرجوع إلى السماحية النسبية ورمزها  $\epsilon_r$  . وهى نسبة بين سماحية المادة وسماحية الفراغ ، حيث .

سماحية العازل

$$\frac{\text{السماحية النسبية}}{\text{سماحية الفراغ}} = \epsilon_r$$

إذا كانت  $\epsilon_r$  تساوى خمسة مثلاً ، فإن سماحية المكثف المستعمل لعازل ما تبلغ خمسة أضعاف سماحية المكثف المكافئ الذى يستعمل الفراغ كعازل له . وإذا تبلغ قيمة السماحية النسبية للهواء مقدار  $1.005$  ، فله من الممكن أن نحسب كواحد لكل الأغراض العملية . وتقع السماحية النسبية لمعظم العوازل العلية والزيوت العازلة في المدى ما بين  $2-8$  ، ونمياً إلى قيمة مختلفة لبعض العوازل

المساحة	المادة
1-0005	الهواء
2-2.5	الورق ( الجاف )
2.5	فريت بوليسترين
3-7	ببكا
4-6	ورق مطرب
6-100	خشب
1500-3000	حزق [ $\epsilon$ كبيرة ]

وتمثل القيمة المطلقة أو القيمة الفعلية للمساحة لاي مادة بالنصير  
الانى :

$$\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \epsilon_r \text{ F/m}$$

## ٢ - ٤ سعة المكثفات متوازية الالواح

نحلى سعة المكث دى اللوحين المتوازيين الموضح فى شكل ٢ - ١

$$\text{السعة} = C = \frac{\epsilon a}{d} \text{ فاراد}$$

$$F = \frac{8.85 \times 10^{-12} \epsilon_r a}{d}$$

صت

a = مساحة جانب واحد لكل لوح بالمر المربع

d = سمك العازل بالمر

$\epsilon_r$  = المساحية النسبية للعازل

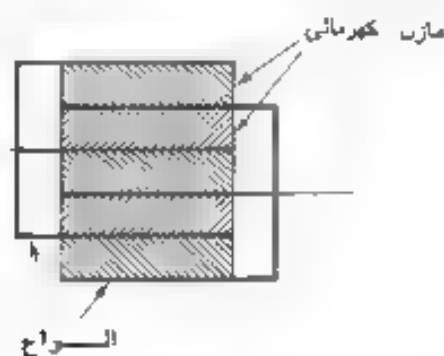
وهكذا ، اذا كانت  $a = 0.05 \text{ m}^2$  و  $d = 0.0005 \text{ m}$  و  $\epsilon_r = 5$  ، اذن :

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 5 \times 0.05}{0.0005} = 4.425 \times 10^{-9} \text{ F} = 4.425 \text{ nF}$$

ونعتبر المعادلة السابقة هامة لانها توضح العلاقة بين الحجم الطبقي  
للمكثف والمساحية النسبية والسعة . فهى توضح مثلا ان سعة المكثف  
تتضاعف بمضاعفة المساحة الفعلية للالواح . وعلاوة على ذلك نعتبر النسبة  
 $\epsilon_r/d$  هامة ايضا حيث تزداد السعة بمضاعفة هذه النسبة . فمثلا ،  
بينما قيمة  $\epsilon_r$  للمبكا تكون مرتفعة نسبيا ، فانه يوجد حد أدنى للسمك  
الذى يمكن ان يطلق منها ، وعلى هذا تحدد القيمة القصوى للنسبة  $\epsilon_r/d$  .

بالقيمة الحدية الأدنى سمك من مادة العازل . ومن ناحية أخرى نجد أنه ،  
بمما تكون قيمة  $\epsilon_r$  لشريط البوليسيرين محدودة ، فإنه من الممكن  
تصنيعها على شكل أغشية رقيقة لتعطى قيمة مرتفعة للمساحة  $\epsilon_r/d$

ويوضح شكل ٢ - ٣ تركيبه الألواح المتعددة وهي تركيبة شائعة وفي  
هذه الحالة ، يحتوى المكثف على ستة ألواح وحصة عوارل . وعلى هذا ،  
إذا احتوى المكثف على  $N$  لوح فهو يحتوى على  $(N - 1)$  عازل .



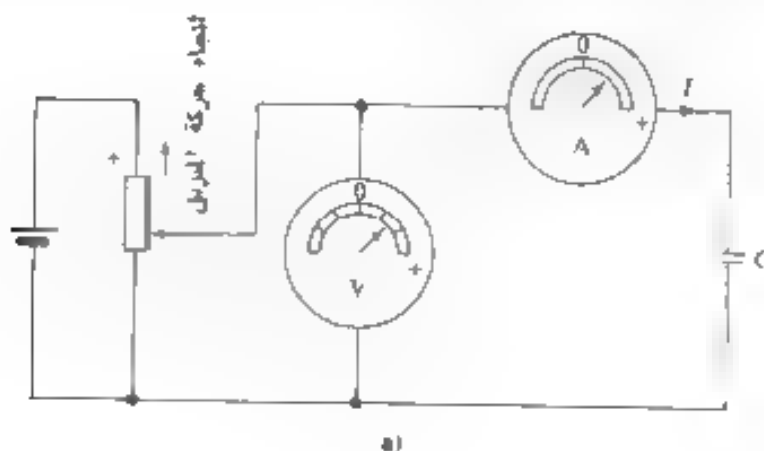
شكل ٢ - ٣ مكثف متكرر الألواح

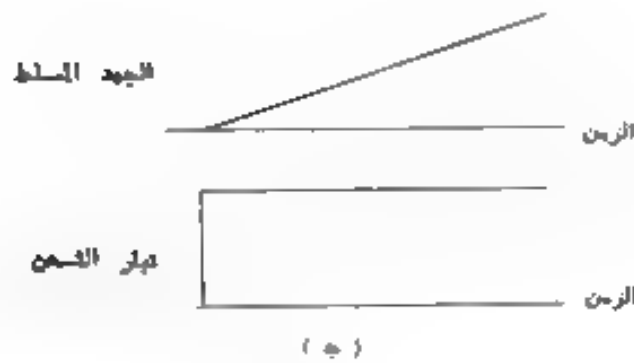
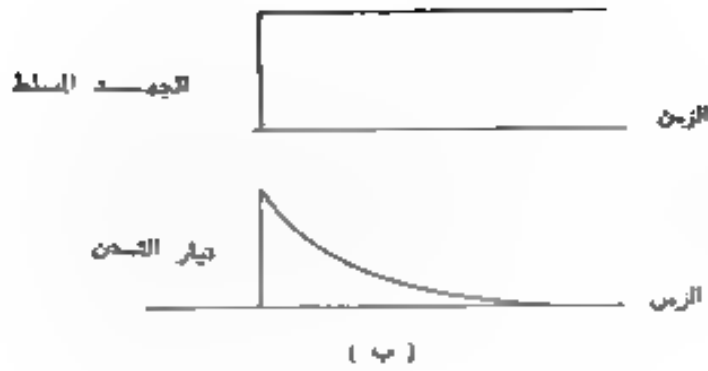
وحيث أن الشحنة تتركز في المادة العازلة ، فإن سعة هذا المكثف المتكرر  
الألواح تبلغ خمسة أضعاف سعة المكثف المحوي على لوحين فقط . وتعطى  
سعة هذا النوع من المكثفات بالمعادلة الآتية :

$$C = \frac{5(N-1)a}{d} = \frac{885 \times 10^{-12} \epsilon_r (N-1)a}{d} \text{ F}$$

## ٢ - ٥ تيار الشحن والتفريغ

لننظر أن المكثف  $C$  الموضح في شكل ٣ - ٣ [ ١ ] كان مغلفاً عند  
بدء التشغيل ، وأن مترق بمقاس الجهد أخذ الوضع الأسفل من مسار ،  
وبمعنى آخر لا يوجد أى جهد مسلط بين طرفيه .





شكل ٣ - ٢

( أ ) التيار المتناسب في المكثف أثناء فترة الشحن . الشكل الموجبة التيار في  
( ب ) كثافة تفسير معالجته في جهد الدائرة توصي . جـ | كثافة معدل تغير ثابت الجهد الدائرة

فإذا تحرك المرفق اعلى مقياس الجهد اصبح هناك جهد موجب بسيط على اللوح العلوي للمكثف ، مما يؤدي الى تعديل مدارات الالكترونات في حيزيات العازل لتصبح على شكل قطع ناقص بحيث تقرب مداراتها من اللوح العلوي ( الموجب ) للمكثف . وتؤدي حركة الالكترونات في المادة العازلة لتغير الالكترونات بعيداً عن اللوح العلوي ولكن خلال الدائرة الخارجيه وتكون هذه الالكترونات في الدائرة الخارجيه سرياناً للتيار في الدائرة وفترة الشحن للمكثف ما هي الا فترة الزمن التي تيمم فيها مدارات الالكترونات ، وفي خلال هذه الفترة من الزمن ، يمكن ان يلاحظ تيار الشحن في الدائرة الخارجيه ويستطيع القارئ تذكر ان الاتجاه التقليدي لتسلسل التيار هو عكس اتجاه سريان الالكترونات ، وبذلك يتسلسل التيار أثناء فترة الشحن في اتجاه اللوح العلوي للمكثف .

إذا تغيرت قيمة الجهد المسلط من الصفر الى قيمة اكبر بطريقة مفاجئة كما في شكل ٣ - ٢ ( ب ) تزداد قيمة تيار الشحن فجأة لقيمة لاتحدها الا مقاومة الدائرة فقط ، وبعدها تضبط قيمته الى الصفر . يوصف الشكل

الموجي لتيار الشحن بالمحني الاسي ، وستذكر تفاصيل أخرى من الشكل الموجي لتيار الشحن في الجزء ٣ - ١٢ .

فإذا تزايد الجهد المسلط على المكثف بمعدل ثابت سيحتم أن المتحرك يتحرك على مقياس الجهد بمعدل ثابت، فإن تيار الشحن يتحدد قيمة ثابتة ، كما هو موضح في الشكل . وكلما تزايد الجهد المسلط بسرعة أكبر [ مما يلاحظ أمصاد الحط العياني للجهد ميلا حاداً ] كلما ازدادت قيمة سار الشحن ، وتمسح العلاقة بين قيمة تيار الشحن  $I$  في حالة شكل ٣ - ٢ [ ج ] ومعدل تغير الجهد المسلط بين طرفي المكثف كالآتي :

$$I = C \times \text{معدل تغير جهد المكثف}$$

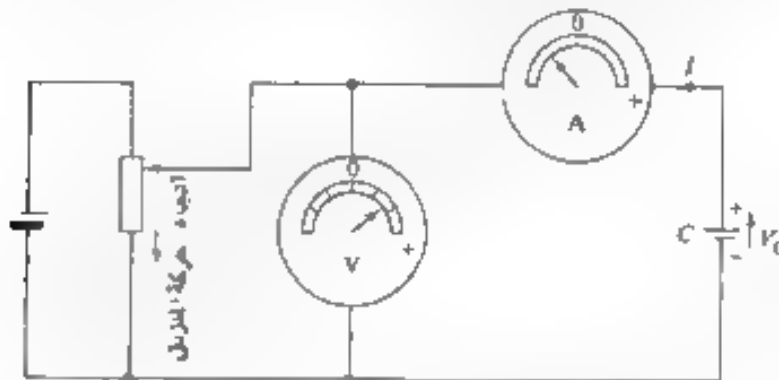
$$= C \frac{dV}{dt} \text{ A}$$

حيث  $dV/dt$  هي طريقة مختصرة للتعبير عن معدل تغير الجهد بالنسبة للزمن . فإذا زاد الجهد المسلط ، بين طرفي مكثف سعته بمعدل ثابت مقداره  $1000 \text{ V/s}$  فإن قيمة تيار الشحن تطلع

$$I = 10^{-6} \times 1000 = 1000/1\ 000\ 000 = 1/1000 \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

وقد يبدو من الوهلة الأولى أن معدل تغير الجهد المعطى في المثال السابق ذا قيمة عالية ، وفي الحقيقة من الممكن أن نتعامل مع قيم أكثر بكثير من  $100 \text{ V/s}$  في عديد من الدوائر الإلكترونية .

**تفريغ المكثف** بين شكل ٣ - ٤ حالة تشغيل المكثف في خلال الفترة الزمنية التي يتم خلالها تفريغه . ففي هذه الحالة تقل قيمة الجهد  $V$  ، المأخوذ بين طرفي المرق والارض ، عن قيمة الجهد بين طرفي المكثف ، وبالتالي فإن سار التفريغ يتسبب حارحاً من اللوح العلوي [ الموجب ] للمكثف عندها يتحرك المزلق إلى أسفل مقياس الجهد ويقوم المكثف بتفريغ طاقته في الجزء السفلي من مقياس الجهد خلال هذه الفترة الزمنية .



شكل ٣ - ٤ : انسياب التيار في الدائرة المسبوقة خلال فترة التفريغ

وكما عرض سابقا ، ماذا تعبر قيمة  $V$  بطريقتة مخالفة من قيمة الى اخرى [ بالتنبؤ من هذه الحالة ] يؤدي الى تيار تفريغ متبلي من النوع الموصح في شكل ٣ - ٣ [ ب ] . ماذا تم بحرك متعلق بقياس الجهد الى اسف بمعدل ثابت ، فان تيار الشحن تكون ثابتة .

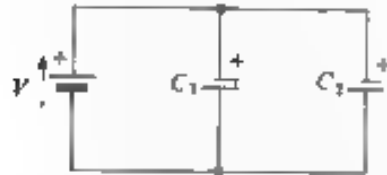
### ٣ - ٦ توصيل المكثفات على التوازي

عند توصيل مكثفين على التوازي مع مصدر مشترك للجهد  $V$  [ انظر شكل ٣ - ٥ ] ، منه نتيجة لما سبق عرضه في الفصل ٣ - ٢ ، نكتسب الشحنة  $Q_1$  المخزنة في المكثف  $C_1$  ما قيمته

$$Q_1 = C_1 V$$

ونكتسب الشحنة  $Q_2$  المخزنة في المكثف  $C_2$  ما قيمته

$$Q_2 = C_2 V$$



شكل ٣ - ٥ توصيل المكثفات على التوازي

ماذا افترضنا انه من المطلوب احلال مكثف واحد بسعته  $C$  بدلا من مكثفي مجموعة التوازي ، بحيث يحترن هذا المكثف نفس الشحنة الكلية ( $Q_1 + Q_2$ ) عند توصيله بالمصدر  $V$  ، فل

$$Q = CV = Q_1 + Q_2 = C_1 V + C_2 V$$

او

$$CV = V(C_1 + C_2)$$

وهكذا

$$C = C_1 + C_2$$

اذا ، قيمة السعة المكافئة من توصيل عدة مكثفات على التوازي تساوي المجموع الكلي لسعات المكثفات المفردة . ويؤدي توصيل عدة مكثفات على التوازي الى ان تزيد السعة المكافئة عن سعة اكرم مكثف مفرد في الدائرة .

اذا وصل عدد  $n$  من المكثفات على التوازي ، فان المعادلة التي تعطى فيه السعة المكافئة  $C$  هي

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

مثال ٣ - ١ . اذا وصلت المكثفات ذات السعات  $1 \mu F$  ,  $1 nF$  ,  $1 pF$  اعلى التوازي احسب السعة المكافئة لهذه المجموعة بالنقونراد .

الحل

$$1 \mu F = 1000 nF$$

$$1 pF = 0.001 nF$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 1000 + 1 + 0.001 nF = 1001.001 nF$$

### ٣ - ٧ توصيل المكثفات على التوالي

يبين شكل ٣ - ٦ مكثفين متصلين على التوالي . وحيث ان نفس تيار الشحن ينساب خلال كل من المكثفين لنفس الفترة الزمنية



شكل ٣ - ٦ مكثفات متصلة على التوالي

فان كل مكثف منهما يقوم باحتران نفس الكمية الكهربائية . فاما كانت الكمية الكهربائية هي  $Q$  فان

$$Q = C_1 V_1 = C_2 V_2$$

وحيث ان  $C_1$  و  $C_2$  هما سعة هذين المكثفين بينما  $V_1$  و  $V_2$  هما فرق الجهد بين اطراف المكثفين على الترتيب . فاستخدام العلاقة السابقة نحصل على

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \text{ و } V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

$$V = V_1 + V_2$$

وحيث ان

$$V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

اذن

[ ٣-١ ]

فلذا ما رغبنا في احلال مكثف واحد محل مجموعه المكثفات المتصلة على التوالي ، بحيث يحترن شحنة مقدارها كولوم لنفس فرق الجهد  $V$  فولت ،

$$Q = CV$$

فلن

او

$$V = \frac{Q}{C}$$

[ ٣-٢ ]

وبمساواة المعادلات [ ٣ - ١ ] و [ ٣ - ٢ ] مع بعضهما البعض نحصل على

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

أو

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

وبمعنى آخر ، في حالة التوصيل على التوالي لعدة مكثفات ، فإن المطلوب السعة المكافئة الناتجة يساوى مجموع المطلوب كل من السمات المختلفة للمكثفات المفردة . ويؤدي توصيل عدة مكثفات على التوالي الى أن تقل السعة المكافئة من سعة أصغر مكثف منفرد في الدائرة .

إذا وصل عدد  $n$  من المكثفات على التوالي ، فإن المطلوب قيمة السعة المكافئة تعطى بالعلاقة التالية

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

## مثال ٣ - ٢

وصل مكثفان سعتها و على التوالي في دائرة مكرر الكروني . أوجد قيمة السعة المكافئة للمجموعة مقدره بالفنتوغلراد .

الحل :

$$0.01 \mu F = 10 \text{ nF}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{1} = 1.1 \text{ (1/nanofarads)}$$

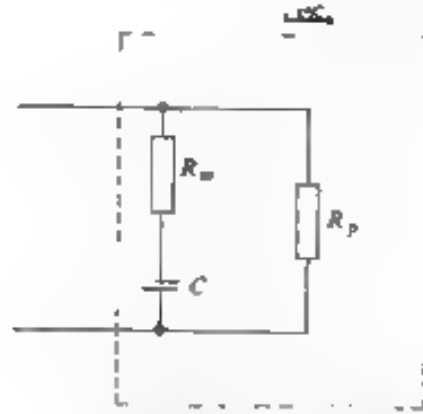
$$C = 1/1.1 = 0.91 \text{ nF} \quad \text{ومن ثم}$$

## ٣ - ٨ الدائرة المكافئة للمكثف

المكثف هو عنصر دائرة مثالي ، ولا ينمى أن يعبر عن أي خاصية من خواص المقاومة أو الحث [ أنظر الفصل الرابع ] ولا يتواجد في الحياة الصلبة مثل هذا النوع من الأجهزة المثالية . ولكي نأخذ هذا العيب في الاعتبار فإن إحدى الطرق المشعة تعتبر المكثف كدائرة كهربائية مكافئة وليس كعنصر سموي مثالي .



ويوضح شكل ٢ - ٧ إحدى الدوائر المكافئة للمكثف . ويحتوى الدائرة على مجموعة مكثف مثالى  $C$  متصل على التوالي مع مقاومة  $R_m$  ، بينما وصلت المقاومة  $R_p$  على التوازي مع هذه المجموعة . تمثل مقاومة التوالي  $R_m$  مقاومة أسلاك التوصيل والألواح ومقاومة التلامس بين أسلاك التوصيل والألواح . وتمثل مقاومة التوازي  $R_p$  المقاومة التسريبية التى تعبر عن تسرب التيار خلال المادة العازلة وعلى سطح المكثف .



شكل ٢ - ٧ الدائرة المكافئة للمكثف

وتصنع هذه المقاومات هذا للقيمة القصوى للتردد الممكن لتشغيل المكثف كما تضع خواص المادة العازلة حدوداً لقيمة تردد التشغيل العلوى .

وبالإضافة الى ذلك ، فإن تصنيع المكثف يؤدي لطهور محاته صغيرة من الممكن أن تحدث مع المكثف دائرة رنين عند تردد مرتفع القيمة ( انظر الفصل السادس ) .

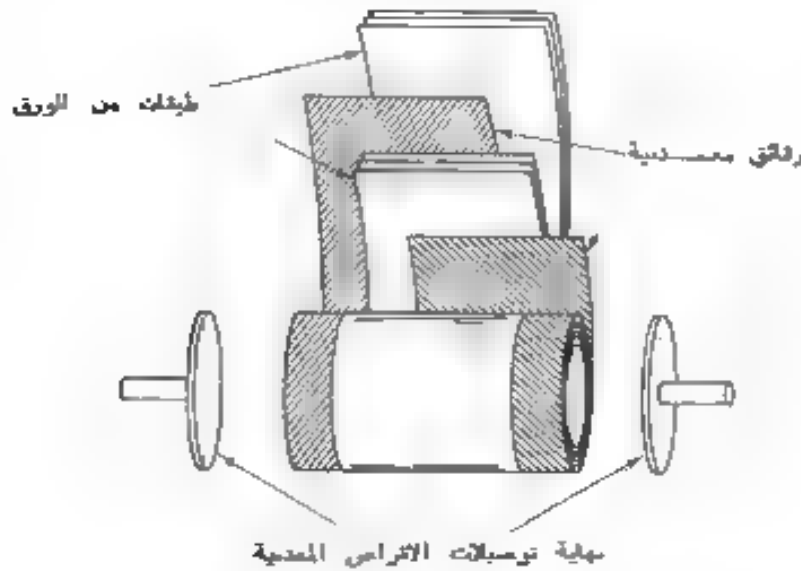
### ٣ - ٩ أنواع المكثفات

تصنف المكثفات على وجه المصنوع تبعاً لنوع المادة العازلة التى تكون فى العادة من الورق البوليسترن ، الميكا ، الخ . واذ يتغير سعة جميع المكثفات مع القدم ودرجة التشغيل والحرارة ، فإن تحديد قيمتها المكنونة يتم باعتبار التشغيل عند الترددات المنخفضة وفى درجة حرارة الحجرة فقط .

#### المكثفات ذات العازل الهوائى :

تستخدم المكثفات ذات العازل الهوائى أساسياً فى المعامل كسعات قياسية وتتكون المكثفات الهوائية متغيرة السعات من مجموعة ألواح ثلثة ومجموعة من الألواح المتغيرة ، بحيث تتغير سعة المكثف كلما تغيرت مساحة الألواح المتداخلة .

**المكثفات ذات العزل الورقي :** يوضح شكل ٢ - ٨ واحداً من أنواع المكثفات الورقية ، حيث تتكون القطب من رقائق معدنية معرولة بطبقات من الورق المشمع بالزيت أو الشمع أو سبك مصاعف من البلاستيك ، ويتم التوصيل بين ألواح المكثف والدائرة الخارجية من تركيبه الشكل المبين عن طريق التلامس بالضغط .



شكل ٢ - ٨ تركيبة واحد من أنواع المكثف الورقي الاتريبي

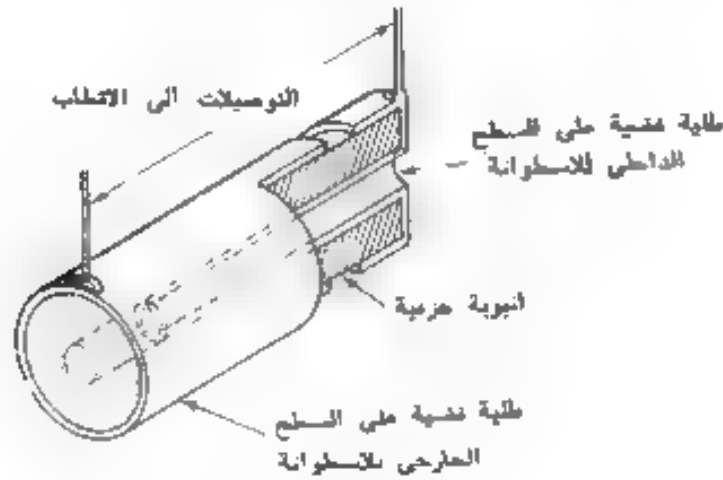
وفي المكثفات المعروفة بالمكثفات ذات الصفائح الورقية المصنوعة بمعدن الوري حتى يتلاشي المزاغ الموجود بين الألواح والعازل ، وإذا قوربت الحواص الأساسية لهذا النوع بالنسبة للأنواع الأخرى الورقية ، نجد أن هذا النوع يتميز بصغر الحجم ومقدرته على أن يبدأ ذاتياً ليصبح صالحاً مرة أخرى بعد حدوث أي انهيار ، ففي حالة حدوث ثقب بالورق إذا ما سلط جهد عابر مرتفع بين طرفي المكثف فسرعان ما يتنخر المعدن من منطقة الثقب لينبع وتوقع أي قصر كهربائي في الدائرة .

**المكثفات ذات غشاء (film) البلاستيك العازل .** وتستخدم هذه الأنواع أغشية من مادة البلاستيك بدلا من صفائح الورق ولهذا النوع استعمالات كثيرة في التطبيقات الإلكترونية . ومن الممكن أن يعطى الأسلوب الفني للأصاح مكثفات رخيصة الثمن ويمكن الاعتماد عليها لحد كبير ، وعلى وجه الخصوص ، فإن تركيب هذا النوع يمثل المكثفات الورقية ، وبعض المواد العازلة الشائعة هي السوليستريز ، الموليستر ، الموليكرينوليت ، والموليبرولين .

**المكثفات ذات العازل المختلط :** وتسمح المكثفات التي تصنع المواد العازلة من أغشية البلاستيك مع الورق المشمع بتصنيع مكثفات صغيرة الحجم تعمل على جهود مرتفعة .

**المكثفات ذات عزل الميكا :** الميكا هي معدن يمكن ان ينشطر بيسر الى الواح رقيقة متجانسة ذات سمك يقع في المدى من 0.025 mm (0.001 in) الى 0.075 mm (0.003 in) . في التركيب المتراص الطبقات [ انظر شكل ٢ - ٢ ] ، تتداخل الميكا والرقائق المعدنية على هيئة مكثف متعدد الالواح بحيث يتم ربطها كلها لتكون وحدة متماسكة . وكما اتفق مع المكثفات الورقية ، فمن الممكن تجنب الفراغات بين رقائق المعدن والعزل ، ببعدنة احد جوانب الميكا [ مكثف الميكا المفضل ] .

**المكثفات ذات العازل الخزفي :** تحتوي هذه المكثفات على طبقة معدنية (عادة فضية) فوق الوجوه المتقابلة لاقراص واقداج وانابيب خزفية . ويبين شكل ٢ - ٣ تركيب احد انواع المكثفات الانبوبية الخزفية حيث يوضح منظر المقطع في الطرف الايمن كيفية عمل التوصية الى الالكترود الداخلي .



شكل ٢ - ٣ مقطع مكثف انبوبي خزفي

ومن الوهمية الاحتمالية ، تنقسم انواع المكثفات الخزفية الى طائفتين هما المكثفات ذات السماحية النسبية المنخفضة القيمة والتي تقع سماحياتها في المدى من 6 الى 100 ، والنوع الثاني للمكثفات ذات السماحية المرتفعة حيث تقع سماحياتها في المدى من 1500 الى 3000 .

وتنصف المكثفات ، التي تستخدم مواد عازلة « منخفضة السماحية » ، بسمات على درجة جيدة من الاستقرار وتستخدم في دوائر الموالمة للمحيطات الالكترونية حتى تستطيع الحفاظ على حصر تردد التذبذبات في نطاق حدود ضيقة . أما بالنسبة للمكثفات التي تستخدم مواد عازلة « مرتفعة السماحية » ، فانها تعطى سعة اكرر لكل وحدة حجم عن نظيرتها التي تستخدم مواد عازلة منخفضة السماحية ، ولكنها تتعرض لعمير اكبر مدى في السعة . ويستخدم هذا النوع في مدى واسع من التطبيقات الالكترونية .

**المكثفات الالكتروليتيّة :** وتتكون العوارل في مثل هذا النوع من المكثفات من غشاء اكسيدى رقيق ثم ترسيبه على واحد من لوحى المكثف او على كليهما ، يسمّى للعشاء لا يتعدى جزءا من المليون من المليمتر . ونتيجة لذلك ، فإن المكثفات الالكتروليتيّة ليست فقط ذات سعة اكبر لكل وحدة حجم بالمقارنة لصيغ الا انواع الاخرى للمكثفات ، انما هي ابغ ارحص انواع المكثفات لكل قيمة وحدة سعوية . ويوازن كل هذه المميزات ، زيادة تيار التسرب في المكثفات .

[ خصوصا في مكثفات الالومنيوم الالكتروليتيّة ] ، بالإضافة الى التغير الكبير في قيمة السعة [ من 20 % الى 50% + وفي بعض الانواع الى 100% + ] .

والعالية العظمى من المكثفات الالكتروليتيّة ، هي مكثفات مستقطبة بمعنى ان فرق الجهد بين اطرافها لابد وان يكون صحيح القطبية . فنادا مكثف قطبية السبيلة ، احتل عملها كمكثف ، وقد يمر خلالها تيار كبير ومن المحتمل ان يؤدي ضغط الغاز المتولد في الداخل الى تصدع الوحدة [ ويصف شديد في بعض الاحصا ! ] . ويبين شكل ٣ - ١٠ الاصطلاح المستخدم لادائرة المكثف الالكتروليتي . ويوضح الشكل مكثفا الكتروليتيبا مستقطبا مع بيان القطبية الصحيحة عند تسليط فرق الجهد بين طرفيه .



شكل ٢ - ١٠ اصطلاح دائرة المكثف الكتروليتي المستقطب

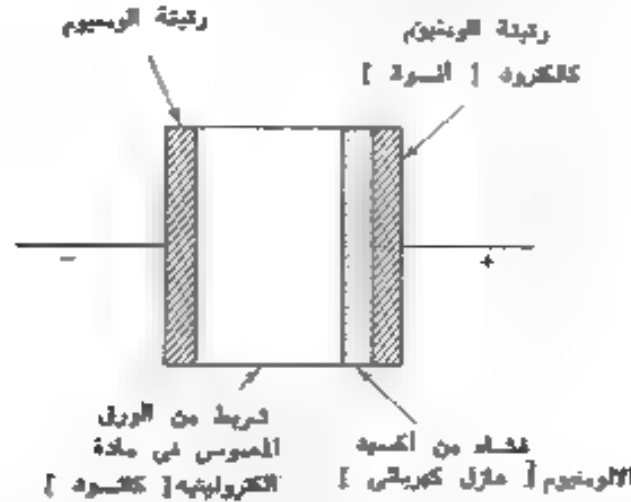
هذا وبالرغم من انه امكن تعطية معادن كثيرة بغشاء اكسيدى الا انه وجد ان الالومنيوم والتنتاليوم يظهران احسن خواص لاستخدامات المكثفات الكتروليتي . ومنفوض فيما بعد فكرة عمل المكثفات التي تستعمل هاتين المادتين .

هذا وبعد فترات طويلة من الضمول ، أي اذا تم تخزين هذه المكثفات لعدة اشهر فان المادة الكتروليتيّة تحتاج الى املاء تشكبل [ ونقصد بهذا مكثفات الالومنيوم الكتروليتيّة على وجه الخصوص ] . ويتم هذه العملية بتسليط الجهد المقنن تدريجيا خلال مقاومة قيمتها 10kΩ حتى ينخفض تيار التسرب الى قيمته المقننة . فاذا لم تتم هذه العملية بهذه الكيفية ، وتم تسليط الجهد الكامل مرة واحدة ، فسوف تنجم مخاطرة احتمال زيادة تيار البدء التسري ، لدرجة تكفى لتوليد ضغط مفرط للفاز داخل المكثف ، مع ما يثلو ذلك من خطورة حدوث انفجار .

**مكثفات الألومنيوم الإلكترونية :** يوضح شكل [ ٢ - ١١ ] التركيب الاساسي لمكثفات الألومنيوم الإلكترونية المستقطبة . يغطي سطح الأنود ( القطب الموجب ) المكون من رقيقة معدنية بمشاء أكسیدی مكونا للمبازل بمساحية نسبية تتراوح بين 7 - 10 . وتتلامس رقيقة الكاثود ( القطب السالب ) مع الكثرود الكاثود المعدني المكون من شريط من الورق المعبوس في مادة الكتروليتية مثل بورات الامونيوم . ويشبه التركيب الملبى للمكثفات الأنبوبية ، بصفة عامة ، ما هو موضح في شكل [ ٢ - ٨ ] على أن يتم لف الورق المشبع مع رقائق الألومنيوم بشكل اسطوانى .

وتصنع المكثفات الإلكترونية غير المستقطبة بترسيب طبقات الأكسيد فوق سطحى الرقيقتين ( الأنود والكاثود ) للعمل مع مصادر الجهد المستمر أو الجهد المتردد .

وهناك سمة للمكثفات الإلكترونية ، عند الترددات العالية ، تؤدي لأن تبدو وكأنها ملفات محاطة بالنسبة للدائرة الخارجية . ومن الممكن التطلب على هذه الظاهر على بعض الأحيان بتوصيل مكثف بوليكرينونات صغيرة السعة ، مثلا ، على التوازي مع المكثف الإلكتروني .



شكل ٢ - ١١ التركيب الاساسي لكثف الألومنيوم الإلكتروني المستقطب

**مكثفات التانتالوم الإلكترونية :** يتواجد نوعان من مكثف التانتالوم أحدهما يستخدم الرقائق المعدنية كالكثرود ( أقطاب ) ، والآخر يستخدم قلب تانتالوم كأنود . ويشبه تركيبه مكثفات رقائق التانتالوم مثيلاتها من أنواع مكثفات رقائق الألومنيوم .

ومع أن مكثفات التانتالوم أكثر تكلفة لكل ميكروفراد من مكثفات الألومنيوم الإلكترونية ، إلا أنها أكثر مدهاة للاعتماد عليها بالإضافة إلى أن حجمها الملبى أصغر من نظيراتها من مكثفات الألومنيوم ، مما يؤدي إلى قيمة أصغر لتيار التسرب ، وإمكانية عدم التشغيل ( بدون مشكل ) بسدة أطول ، بالإضافة إلى قلة تغير الكثافة السمية مع درجة الحرارة من مكثفات أكسيد الألومنيوم .

### ٣ - ١٠ الرموز الاصطلاحية للالوان والحروف المكثف

ستستخدم مجموعة من الرموز الاصطلاحية للمكثف ، تشمل على نظام يطلق الالوان ونظام ، تدون - نهاية - نقطة . وكما سبق بالنسبة للمقاومات في الجزء ٢ - ٣ . ونعطي نطاقات او نقط اخرى ، بيانات اضافية من الجهد المقتن وعن معامل المكثف الحراري .

وتستخدم الرموز الاصطلاحية ، بصفة عامة ، للمكثفات كما وصفت بالنسبة للمقاومات في الجزء ٢ - ٣ ، مع الاستثناءات التالية . لذ تحدد مواقع العلامات العشرية ، وقيمة المضاعف العشري ، بالنسبة للمكثفات ، بالحروف الابجدية المميرة التالية .

الحرف	المضاعف
m	$10^{-3} = 1/1000$
$\mu$ or c	$10^{-6} = 1/1,000,000$
p	$10^{-9} = 1/1,000,000,000$
p	$10^{-12} = 1/1,000,000,000,000$

وهكذا يكتب 1pF على صورة 1 p0 ويكتب 10 nF على صورة 10 n وبوصح المثال الاتي ايضا استخدام رموز الحروف B S 1852 الخاصة بالتفاوت المسموح به [ انظر الجزء ٢ - ٢ ] .

$$2n2K = 2.2 nF \pm 10\%$$

$$47\mu N = 47 \mu F \pm 30\%$$

### ٣ - ١١ الثابت الزمني للدائرة السحوية

لقد موقش باختصار في الفصل ٣ - ٥ ، عملية شحن وتفريغ المكثف . وحيث ان المكثف والمقاومة يستخدمان بكثرة في دوائر البصمت الالكترونية وفي دوائر التوقيت فالامر يتطلب التوضيح هنا بمزيد من التفصيل .

يتحدد التوقيت في هذه الدوائر ، بالطريقة التي يتغير بها الجهد بين طرفي المكثف او بين طرفي المقاومة في دائرة تشابه تلك الموضحة في شكل ٣ - ١٢ [ ١ ] . هذا ويوجد باراميتير مفيد لمثل هذه الدوائر هو الثابت الزمني ورمزه  $\tau$  [ وهو حرف يوناني يطق تلو ] حيث

$$\text{ثابت الدائرة الزمني} = \tau = RC \text{ ثانية}$$

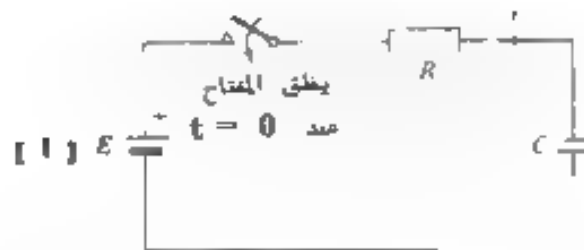
حيث R هي مقاومة الدائرة الموضحة في شكل ٣ - ١٢ [ ١ ] بالاموم و C هي سعة المكثف بالفراد . وكطريقة بديلة فقد يكون من المناسب ان تحسب

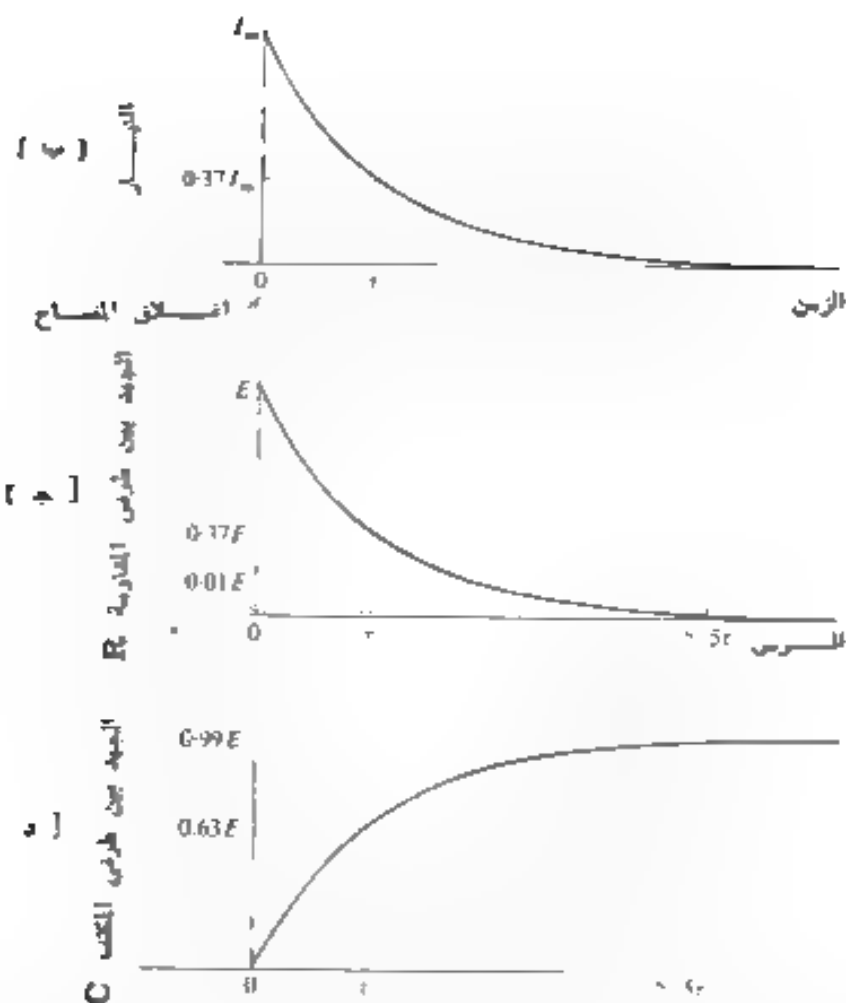
باستخدام قيمة  $R$  بالميجا اوم وفيه  $C$  بالميكرو فاراد . فإذا كانت  
 $R = 470 \text{ k}\Omega$  فإن [ حيث  $R = 0.47 \text{ M}\Omega$  ]

$$\tau = RC = 0.47 \times 1.0 = 0.47 \text{ s}$$

ومن الممكن اثبات أن الزمن الذي يستغرقه تيار الشحن للدائرة الموضحة  
 في شكل ٣ - ١٢ [ ١ ] من أجل أن يصل إلى ٣٧ في المئة من قيمته  
 الابتدائية يساوي قيمة  $\tau$  [ لمزيد من التفاصيل ، انظر الفصل الخامس  
 من كتاب الإلكترونيات المتقدمة لمؤلفه Noel M. Morris (Mc Graw Hill) ] . ويستغرق ارتفاع التيار الابتدائي زماناً قدره 0.47  
 ثانية ، في الحالة السابق عرضها ، لكي يصل إلى 37 في المئة من  
 قيمته الابتدائية . ويمكن توضيح الشكل الموجي لكل من الجهد والتيار  
 في الدائرة بالشكل [ ب ] ، [ د ] ، [ د ] من الرسم ضد قدره زمنية تعادل  
 ثلث الدائرة الزمنى ، يتضح من هذه الأشكال أن قيمة جهد المقاومة ضد  
 اصطلح من قيمة تسليوى  $E$  إلى قيمة تعادل 37 في المئة من  $E$   
 وأن جهد المكثف قد تزايد من الصفر إلى 63 في المئة من  $E$  .

وتعرف الفترة الزمنية التي تعبر خلالها الجهود المبينة بالتوصيلات [ ١ ]  
 و [ د ] بالفترة العابرة لتشغيل الدائرة . ومن المبدأ بالنسبة لكثير من الدوائر  
 أن يستطيع تقدير الصلة الزمنية للمرحلة العابرة . يقال أن المعيرات العابرة  
 قد انتهت في الدائرة عندما يصل جهد المقاومة إلى واحد في المئة من  
 قيمته الابتدائية وفي الوقت نفسه يصل جهد المكثف إلى 99 في المئة من  
 قيمته النهائية . ومن الممكن اثبات [ للتفاصيل انظر المرجع الموضح عليه ]  
 أن المعيرات العابرة يصلح من مرة زمنية تعادل حصة اصطف الثابت  
 الزمنى ابتداء من لحظة قبل الفتح . وباستخدام القيم المطاة عليه ، على  
 المعيرات العابرة تصلح في زمن قدره





شكل ٢ - ١٢ الثابت الزمني لدائرة التوالي المكثف RC

وعلى نفس الموال - بالنسبة لحالة تفريغ المكثف - حيث يوضح شكل ٢ - ١٢ الدائرة المستخدمة - فإنه لكي يصبح جهد المكثف لواحد من المائة من قيمته الابتدائية يستغرق الأمر أن يكون

$$\text{زمن التفريغ} = 5 \times \text{الثابت الزمني} = 5RC = 5\tau$$

ومن الممكن أن يعرف الثابت الزمني أيضا بدلالة دائرة التفريغ المبينة في شكل ٢ - ١٢ ، على أنه الزمن الذي يستغرقه جهد المكثف لكي يصل إلى ٣٧ من المائة من قيمته الابتدائية . إذا كان المكثف قد تم شحنه بجهد قدره 10V وكان الثابت الزمني لدائرة التفريغ هو 5 ms فإن جهد المكثف يصبح إلى  $3.7V = 0.37 \times 10$  في زمن قدره 5 ms ويصبح جهد المكثف ابتداء من لحظة التفريغ إلى واحد من المائة من 10 V = 0.1V في زمن قدره 5 ms أو 25 ms .





شكل ٣ - ١٢ ثابت التفريغ الرطبي المكلف

### ٣ - ١٢ الأسلوب الفني للتشكيل الموجي - المفاضلات والمكملات

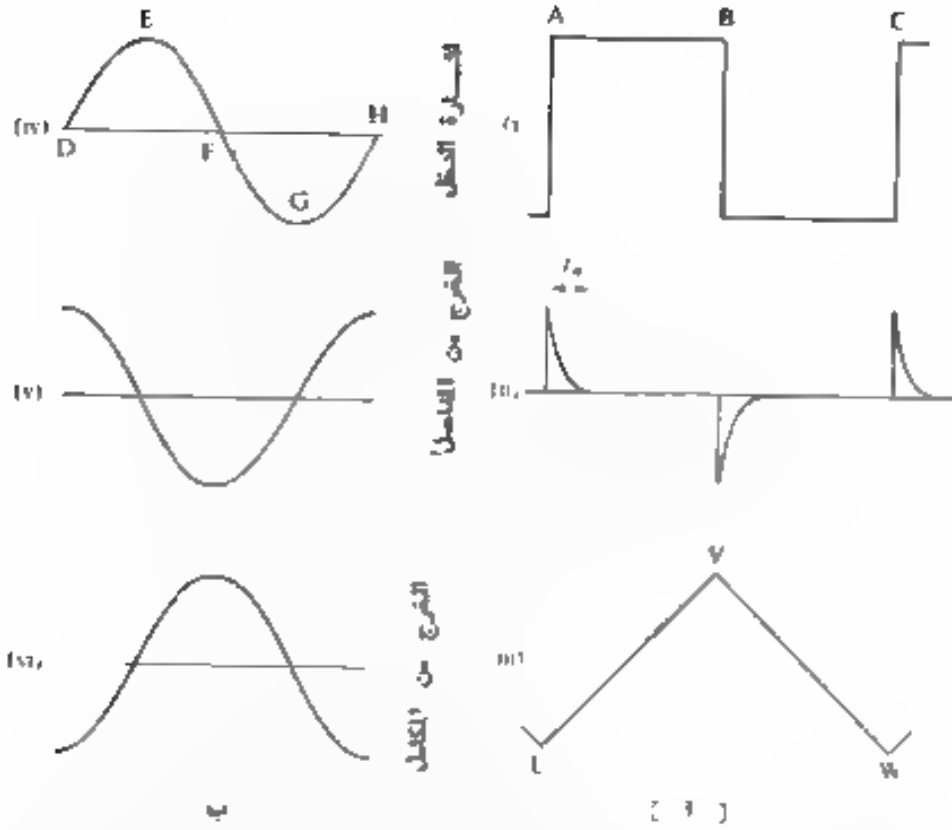
يستلزم الأمر في كثير من التطبيقات أن نقوم بمعدّل هيئة الإشكال الموجية التي يتسنى استخدامها لإداء أغراض أخرى . لننمّنر ، على سبيل المثال ، الإشارات المولدة في أجهزة استقبال التلفزيون ، والتي يضمحل عنها حرمة من الإلكترونات في أسبوبة الأشعة الكاثودية [ انظر الفصل السادس عشر أيضا] . لرسم مودحا موق وجه الانبوبة . وحتى يمكن الحصول على نقطة تقارب صحيحة فوق وجه الانبوبة ، نجد أنه اذ يلزم أن تكون ترددات الإشارة الموجودة ، في الأحوال العادية ، مطلقة ، إلا أن شكلها الموجي يجب أن لا يكون مطلقا لها . وفي مثل هذه التطبيقات ، نستخدم دوائر التشكيل الموجي في التلفزيون الملون لكي تؤدي إلى التقارب الصحيح

ونعرف الأنواع الأساسية لدوائر التشكيل الموجي بدوائر التفاضل ودوائر التكامل ، وتظهر هذه الأسماء نتيجة للعمليات الرياضية من تفاضل وتكامل على الترتيب . وبصفة مؤقتة ، يمكن اعتبار هذه الدوائر كأنها داخل « صناعيق سوداء » الكترونية ، ولها طرعا دخل وطرعا خرج . وتجري هذه الصنابق [ الدوائر ] العمليات التالية :

[ أ ] **المفاضل** : تتناسب القيمة اللحظية لسعة خرج الموجة من المفاضل مع معدل تغير سعة موجة الدخل .

[ ب ] **التكامل** : تتناسب القيمة اللحظية لمعدل تغير سعة موجة الخرج للتكامل مع سعة موجة الدخل .

ويوضح شكل [ ٣ - ١٤ ] الكيفية التي تعدل بها هذه الدوائر من شكلين موجيين بتواجدان بكثرة في محل الإلكترونيات . ويعرف الشكل المبين في شكل ٣ - ١٤ [ ١ ] ، بالموجة المربعة أو المستطيلة نظرا لطبيعة شكلها ، وتتواجد على وجه العموم في دوائر الفصل الإلكترونية حيث تتغير قيمة إشارة الجهد بين مستويين بسرعة .



شكل ٢ - ١٤ شكل موجات الدخل والخرج من دوائر المفصل والمكامل أ موجة دخل مربعة ب أ موجة دخل مربعة

لنأخذ في الاعتبار الشكل الموجي - للموجة (ii) والذي يظهر عند خرج المفصل والذي سبق ادخال موجة مربعة بين طرفي دخله - ملاحظ أن تعبيراً محدثاً يحدث للموجة المربعة من الإنباء الموجب عند اللحظة A ، وطبقاً لما تؤديه دائرة المفصل ، يتناسب خرج دائرة مع معدل تغير جهد الدخل ، أي أنه عند اللحظة A - بمعظم جهد الخرج ويكون موجياً في الوقت نفسه . وحيث أن جهد الدخل يظل ثابتاً بين القطبين A و B فإن معدل تغيره يصبح معدوماً ، وبالتالي فإن قيمة خرج المفصل والمقاطع تصبح أيضاً صفراً | أنظر شكل الموجة (ii) | . وبالمعنى للمفاصل المتعددة عملياً - مستغرق جهد الخرج فترة زمنية قدرها  $t_d$  لكي نقول بقيته إلى الصفر ، على أن ثابت دائرة المفصل الزماني هو الذي يحدد هذه الفترة من الزمن التي من الممكن أن تصاعق قيمتها إلى بضعة مئات من النانوية ، ويحتمل جهد الدخل ، عند النقطة B ، بسرعة مفاجئة لأدنى مستوى له - بحيث يتعاطف معدل تغير جهد الخرج ويكون سالباً في الوقت نفسه . وتصبح قيمة خرج الجهد التالي - عند هذه اللحظة معاطمة ومالية في الوقت نفسه - وكما سبق ، يصبح جهد الدخل ثابتاً بين القطبين C و B ( لانعدام معدل تغير الجهد ) بحيث يتخذ جهد الخرج للمفصل قيمة الصفر مرة أخرى وذلك بعد انتهاء الفترة العابرة

بالنسبة للخروج وعند النقطة C يرداد جهد الدخل بسرعة في الاتجاه الموجب — ليمطي جهدا سنبليا موجبا عند الخروج .

والآن دعنا نأخذ في الاعتبار شكل موجة خرج من دائرة المكامل والذي سبق تسليط موجة مربعة بين طرفيه . أن جهد الدخل بين النقطتين A و B يظل ثابتا وموجبا ، وطبقا لما تؤديه دائرة المكامل ، يتخذ معدل تغير جهد الحرج منها قيمة ثابتة وموجبة ، أي أن جهد الحرج يزداد بانتظام مع الزمن ومن الممكن إيساح ذلك من الشكل الموجي (iii) حيث يزداد جهد خرج المكامل ، بانتظام مع الزمن ، بين النقطتين U ، V ، ويتخذ جهد الدخل قيمة ثابتة وسالبة في الفترة الزمنية بين النقطتين B و C ، وبالتالي يتخذ معدل تغير جهد الخروج من المكامل قيمة ثابتة وسالبة ، أي أن جهد الحرج للمكامل يتناقص مع الزمن . مرة أخرى ، عند اللحظة C ، يصبح جهد الدخل موجبا ، عندما يبدأ جهد الحرج من المكامل في الزيادة بانتظام في الاتجاه الموجب .

يوضح الوصف السابق كيف أن الموجة المربعة الشكل ٢ — ١٤ [ ١ ] ، شكلت بواسطة الفاصل لتعطى نبضات متوالية [ الشكل الموجي ١٤ ] ، أو موجة مثلثة [ الشكل الموجي ١٤ ] ، بواسطة المكامل .

لنأخذ في الاعتبار الآن الطريقة التي تشكل بها الموجة الجيبية [ الشكل الموجي ١٧ ] في شكل ٢ — ١٤ [ ب ] سوى دائرتي الفاصل والتكامل .

لنعتبر أولا الخروج [ الشكل الموجي V ] من دائرة الفاصل ، في اللحظة D ، يتخذ معدل تغير الشكل الموجي للدخل أكبر قيمة موجبة ، ويتناقص ميل موجة الدخل بين النقطتين D ، E حتى يصل إلى النقطة التي يصبح الميل عندها صفرا . بالتالي تتلاشى قيمة جهد الخروج من الفاصل أثناء هذه الفترة وتتخذ قيمة الصفر عند E . ويصبح ميل موجة الدخل سالبا بين النقطتين E ، G ويقع أكبر معدل تغير عند F . ويتخذ جهد الحرج من الفاصل ، بالتالي قيمة سالبة بين النقطتين E و G ، ويأخذ قيمة له عند F .

أما إذا سلطت موجة جيبية بين طرفي دائرة تكامل فانه بالاستعانة بفكرة عمل دائرة المكامل السابقة تتحد موجة الحرج شكل المنحنى (vi) في شكل ٢ — ١٤ [ ب ] .

ويلاحظ أن دائرة الفاصل أو المكامل لا تعبر شكل الموجة الجيبية ولكن تغير موضعها بالنسبة للزمن ، أي أن ، شكل موجة الخروج قد تفرح رسميا . وتستخدم هذه الخاصية في كثير من دوائر المدببات الإلكترونية وكذا في الدوائر الإلكترونية المستخدمة في التحكم في الثايرستور ولتحكم في الأضواء بالنريك وفي نظم التحكم في المحركات .

## ٢ - ١٢ دوائر المفاضل والمكامل المكون من RC

يوضح شكل ٣ - ١٥ [ ١ ] ، [ ب ] ، الدوائر المحتوية على معلومات ومكتبات نقط والتي تحقق افراض كل من المفاضل والمكامل على الترتيب .  
وكمطلب هام بالنسبة لدائرة المفاضل ، لابد ان تكون قيمة الثابت الزمني [ حاصل ضرب RC ] اقل بكثير من الزمن الدوري للموجة المراد تعاضلها .  
او بمعنى آخر ، لابد ان تكون قيمة الثابت الزمني اقل بكثير من الفترة الزمنية الملاحظة بين A, C في الرسم (i) من شكل ٣ - ١٤ [ ١ ] او اقل بكثير من الفترة الزمنية بين H و D في الرسم (iv) من شكل ٣ - ١٤ [ ١ ]  
وقد يكون عشر الزمن الدوري للموجة ثابتا زمنيا شتعا بالنسبة للمفاضل .



شكل ٣ - ١٥ ( ١ ) دائرة مفاضل مكونة من RC ( ب ) دائرة مكامل مكونة من RC

ولابد ان يكون الثابت الزمني ، في حالة المفاضل ، اكبر بكثير من الزمن الدوري للموجة وينبغي ان قلص قيمة الثابت الزمني الشائع لدائرة المكامل ، حوالي عشر مرات الزمن الدوري للموجة المراد تعاضلها .

اذا سلطت موجة زمنها الدوري 10 ms على كل من الدائرتين ، فانه

$$RC = \frac{10 \text{ ms}}{10} = 1 \text{ ms} \quad \text{بالنسبة للمفاضل}$$

$$RC = 10 \times 10 \text{ ms} = 100 \text{ ms} \quad \text{بالنسبة للمكامل}$$

## ٣ - ١٤ المكثفات في دوائر التيار المتردد

لقد اقتصرنا معالجتنا ، الى حد كبير ، في هذا الفصل للمكثفات المرتبطة بدوائر التيار المستمر . وسوف يتضح في الفصل السادس كيف تؤدي المكثفات وظائفها في دوائر التيار المتردد .

## الفصل الرابع

### ملفات المحطة

ملفات المحطة أو الملفات هي إحدى عناصر الدوائر الإلكترونية المستخدمة بكثرة دائما ما يساء استخدامها إما بحمل فوق الطاقة أو تسخين أكثر مما ينبغي بالإضافة إلى أنها توصل دائما إلى الإمكانات البعيدة المثال . وبالرغم من ذلك، فإن هذه الملفات تعتبر ضمن أكثر العناصر التي تعتمد عليها في الدوائر الإلكترونية . ويقع الانهيار الكهربى لملفات المحطة عادة نتيجة لانهيار بعض المكونات الأخرى التي تسبب حملا زائدا على الملف .

#### ٤ - ١ التشغيل والتركيب

ملفات المحطة هي ملفات سلكية ولها قلب هوائى أو قلب حديدى أو قلب ferrite . ويتسبب عن مرور التيار الكهربائى إلى الملف ، فيصنع مغناطيسى في القلب ، وتعرف قلبية الملف لإنتاج الفيض بالحث الذاتى أو ببساطة بالمحطة ويرمز لها بالرمز  $L$  . وبالنسبة لقيمة معطاة للتيار ، يتزايد الفيض المغناطيسى الناتج مع ازدياد قيمة محطة الملف . والهنرى هو وحدة المحطة ويرمز له بالرمز  $H$  . ويعرف الحث الذاتى للملف بالمعادلة الآتية :

$$\text{عدد لفات الملف} \times \text{الفيض المغناطيسى الناتج} \\ \text{التيار المار في الملف} = L = \text{المحطة}$$

$$= \frac{N\Phi}{I} \text{ هنرى (H)}$$

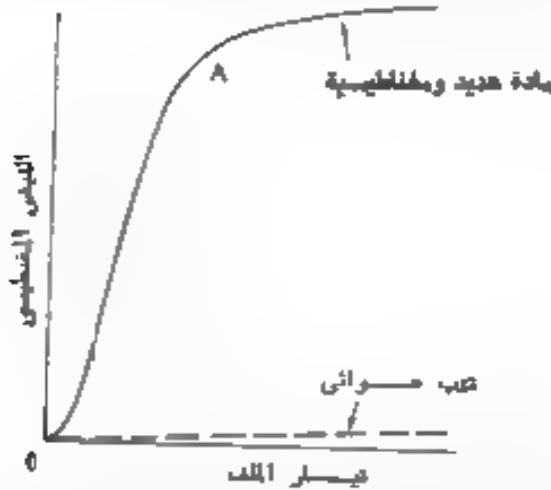
حيث  $\Phi$  [ رمز يونيتى Phi ] هو الفيض المغناطيسى الناتج من الملف بالويسر [ رمزه Wb ] . وأجزاء الهنرى الشائعة هي الميلي هنرى (mH) والميكروهنرى (uH) والسيكوهنرى (pH) .

ويختلف المدى المستخدم لقيمة المحطة في الدوائر الإلكترونية من ميكرو هنرى للملفات المستخدمة في معدات أجهزة الاتصالات فوات الترددات

العالية الى عدة مئات من وحدات الهنرى للملفات المستعملة في شبكات القوى . ويرتبط الرقم الصغير جدا والمشار اليه سابقا مع لفه واحدة من السلك مثلا حول قلب من الهواء . ويمكن الحصول على القيمة المرتفعة بعدة مئات أو آلاف من الملفات السلكية الملقومة على قلب حديدي .

## ٤ - ٢ المواد المغناطيسية

لزيادة محالة الملف بدون زيادة عدد لفات السلك ، لابد من استخدام قلب مصنوع من مادة حديدومغناطيسية . المواد الحديدومغناطيسية هي الحديد أو سائك الحديد المحتوي على النيكل أو الكوبلت والتي لها بعض علاقه الميضي المغناطيسي مع التيار كما في شكل ٤ - ١ . ومن أجل المقارنه فقد أوضح نفس الشكل العلاقة بين الميضي المغناطيسي والتيار عندما يكون القلب الملفوف عليه الملفات من الهواء ، وسلاحظ انقضى مدى الريادة الجوهرية للميضي المغناطيسي الناتج نتيجة استعمال قلب مصنوع من مادة حديدومغناطيسية .



شكل ٤ - ١ العلاقة بين الميضي المغناطيسي والتيار للمواد القويومغناطيسية .

ويتزايد الميضي المغناطيسي في القلب بسرعة بين المقطعين 0 و A ، وتعرف النقطة A على الرسم بمحمل أو كوع المنحنى . وابتداء من هذه النقطة يتقلطح المنحنى وعندها يقال ان المادة المغناطيسية قد تشبعت ، وبعد بداية التشبع ينتج زيادة طفيفة في الميضي المغناطيسي مع أي زيادة كبيرة في التيار .

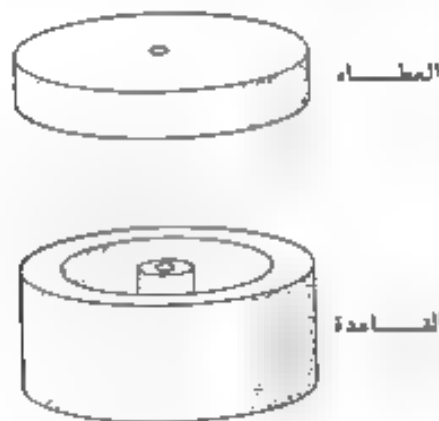
وتتميز المسواد الحديد ومغناطيسية ، بالمعبر المحفوظ للقاومتها لمادا أنتج بالحث أو بالتأثير في المادة ق.د.ك نته ينتج منها تيار موضعي [ يعرف بالتيار الدوامي ] يتخذ مسارا دائريا بها . ويريد هذا التيار من القدرة الكهربائية المفقودة في المادة مع احمره التردد العالي مما يؤدي الى هرح نظرا لعدم امكانية استيعاب هذه القدرة المفقودة . وتشمل

الطرق المستخدمة للتقليل من هذه القدرة المفقودة ، استعمال قلب من رقائق الحديد يتكون من رقائق رقيقة تستخدم بطريقة تؤدي الى زيادة مقاومة دائرة الحديد لسريان التيار الدوامي . وهناك طريقة بديلة اخرى تستخدم قلبا من مسحوق الحديد أو قلبا من البرادة المصنوع من مسحوق الحديد الناعم الذي يلصق على الشكل المطلوب . هذا وتصبح مقاومة المادة مرتفعة جدا نتيجة لمثل هذا التركيب .

ونستخدم أيضا مواد تعرف بالفيرينات ferrites كتلوب مغناطيسية في كثير من ملينات المحاثات بالنسبة لاستخدامات الترددات العالية . والفيرينات هي مواد حرقية لها خواص مغناطيسية مشابهة للحديد ، ولكنها تعتبر عوازل من الوجهة الافتراضية .

وبالتالى تسمح القدرة المفقودة في القلب المصنوع من الفريت صغيرة حيث أن قيمة التيار الدوامي منخفضة وهذا النوع من المدة قابل للنصف ويمكن سهوله أن ينحطم بالاستعمال غير الواعي ، وتستهمل قلوب الفريت بكثرة في تركيب ملفات مستعمل الراديو المنقل وهي استخدامات الاتصالات الكهربائية .

ونستخدم في كثير من الملفات قلوب من الفريت على شكل وعاء pot كما هو موضح بالشكل [ ٢ - ٤ ] ويسمى القلب الوعائى سبب شكلها . ويركب قلب تشكيل الملف حول القلب الاسطوانى المركزى من الجزء



شكل ٢ - ٤ قلب وعائى من الفريت

الاسفل . هذا ويتم توصيل القاعدة مع الغطاء ليكونا مسارا مغناطيسيا متصلا . ومن الممكن ضغط محاثة الملف لحد ما أما سحير الفخوة الهوائية بين الغطاء والقاعدة أو بالحكم في مسار طولب يمكن أن يتحرك لداحل أو خارج مركز قلب الوعاء .

## ٤-٣ مواد الحجب المغناطيسي

تفتح المجالات المغناطيسية في عديد من المعدات الصناعية مثل المحولات والمغناطيسات الكهربائية ... الح . ويشعب عنها ظهور ق.د.ك. مستحثة بالاجهزة الالكترونية عند تعرضها لهذه المجالات . ويؤدي هذا الى حدوث تداخل كهربائي يعرف باسم الصواء الكهربائي وقد يتسبب من ذلك اخلال اداء بعض الدوائر . وللتقليل من التداخل نتيجة لهذا السبب نجيب الاجهزة الحساسة بوضعها في وعاء مصموم من احدى سبائك الحديد والنيكل مثل « الميوميتل » وهي سبيكة شديدة التأثير بالمغناطيسية ويؤدي هذا السلتر لحدوث قصر مغناطيسي حول الاجهزة فيما يختص بالمجال المغناطيسي الخارجي . ويعتبر اللوح المعدني ، الذي يطف معظم المعدات الصناعية ، ساترا مغناطيسيا ضعيفا للتجميع الرئيسي لهذه المعدات .

## ٤-٤ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة ذاتيا

### (ق.د.ك. المعرضة) في الملف

تسبب خاصية الحثية الذاتية للملف ظهور ال.ق.د.ك. مستحثة كلما تغيرت قيمة التيار المار في الملف . وتعرف هذه ال.ق.د.ك. بال.ق.د.ك. المعرضة او ، ال.ق.د.ك. المستحثة ذاتيا . ويتحدد على الدوام اتجاه او قطبية هذه ال.ق.د.ك. ذاتية بحيث تعاكس التغير في التيار الذي يسبب هذه ال.ق.د.ك. ( وهذا القول يعتبر قنونا أساسيا في الكهرومغناطيسية كما امر عنه لأول مرة المبريائي Heinrich Lenz ويعرف بقانون Lenz ) او بمعنى آخر ، اذا اتجهت قيمة التيار في الملف للزيادة فان ال.ق.د.ك. المستحثة تعاكس هذه الزيادة ، واذا اتجهت قيمة التيار في الملف الى النقص فان ال.ق.د.ك. المستحثة الذاتية تعاكس ايضا هذا النقص في التيار .

ولعل هذه الظاهرة الموضحة عليه ، بالذات ، هي التي جعلت من الحثية اداة مفيدة في دوائر التيار المتردد (a.c) . فال.ق.د.ك. المعرضة والمستحثة نتيجة تغير التيار يمكن ان تستخدم للحد من قيمة التيار نفسه . وستوضح هذه الخاصية اكثر من ذلك في باب دوائر التيار المتردد [ الفصل السادس ] . وبالتالي نشعا لما ذكر سابقا فان بعض أنواع الملفات المستخدمة في دائرة التيار المتردد توصف كملفات خالقة ، او ببساطة كخوائق .



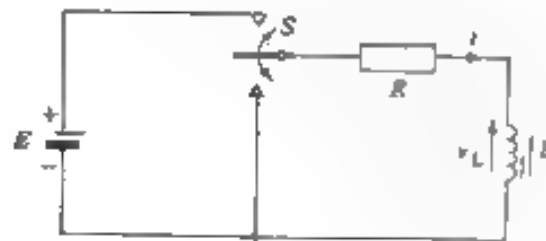
## ٤ - ٥ . ازدياد واضمحلال التيار في دائرة محمّلة

توجه عملية في علم الالكترونيات الى سرعة نقل او فصل لدائرة الكهربائية التي تتضمن ملفاً . فمثلاً ، بالنسبة لبعض الانواع من الدوائر المنطقية الالكترونية ، قد تضطر بسيطة الحرج [ دائماً ترانسستور ] لا يصل التيار في دائرة المرحل (relay) من قيمة الى اخرى في زمن قليل جداً وفي دوائر الالكترونيات القوى الكهربائية قد يصبح من المحتمل أن يتغير التيار المار خلال ملفات المجال أو خلال عصو الانتاج الكهربائي لآلات التيار المستمر سرعه . لذلك يصبح أمراً في غاية الحيوية أن نتفهم كيفية تزايد واضمحلال التيار في دوائر المحملة .

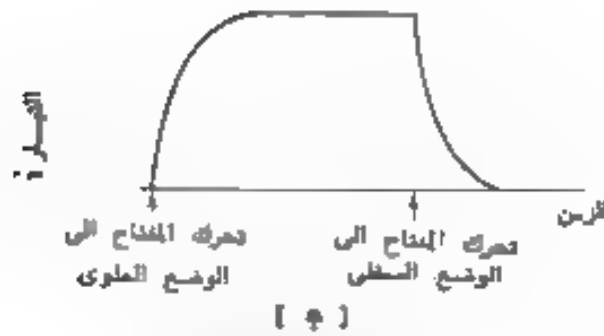
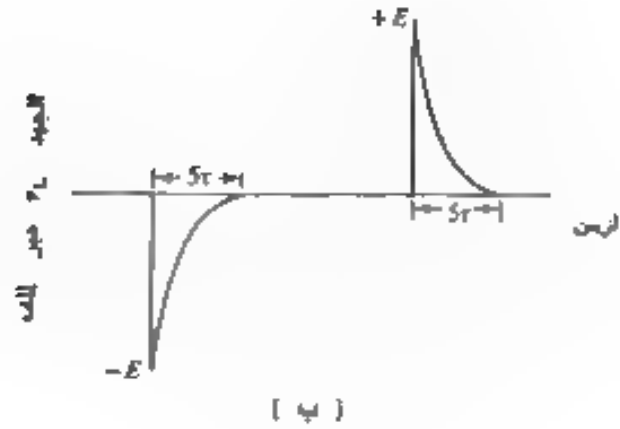
وقد تمكننا الدائرة الموضحة في شكل ٤ - ٣ [ أ ] من دراسة عمل موائير المحملة في احوال التوصيل أو القطع . ففي البداية ، يوضع المفتاح الكهربائي S في الوصل المتوسط ويكون قيمة التيار المار في الدائرة مساوية للصدر . بعد تحريك بصل المفتاح الكهربائي الى الوضع العلوي ، يتصل الملف بالمصدر ، ويميل التيار المار بالملف الى الزيادة . وكما وضع في الجزء ٤ - ٤ ، ينتج أن الـ ق.د.ك المستحثة ذاتها تملكس جهده البطارية . وكما هو موضح في الشكل ٤ - ٣ [ ب ] تكون القيمة الابتدائية الـ ق.د.ك المعارضة مساوية لقيمة جهد المصدر E بحيث أن مجموع الـ ق.د.ك في الدائرة يساوي صفراً [ مثل ما تساويه قيمة التيار ] وتصلحل الـ ق.د.ك المعارضة ببطء وتزايد قيمة التيار ، في نفس الوقت . تدريجياً حتى تصبح قيمة الـ ق.د.ك المعارضة صفراً ، ويكون التيار قد وصل الى قيمته العظمى [ انظر شكل ٤ - ٣ ج ] . هذا ويرتبط الرمن الذي استغرقه التيار ليصل الى قيمته العظمى مع الثابت الزمني : لدائرة المقاومة والملف (RL) ، ويعطى بالمعادلة .

$$\text{الثابت الزمني} = \tau = \frac{L}{R} \quad \text{ثانية}$$

حيث L هي المحثة الذاتية للدائرة بالهنري و R مقاومة الدائرة بالاوهم



[ أ ]



شكل ٤ - τ تزايد والمخاطبات التيار في دائرة المحصلة .

فإذا ما احتوت دائرة على محث ذاتية قيمتها 120 mH ومقاومة مقدارها 10 Ω فإن ثابتها الزمني هو

$$\tau = \frac{120 \text{ mH}}{10 \Omega} = \frac{120 \times 10^{-3} \text{ H}}{10 \Omega} = 12 \times 10^{-3} \text{ s} = 12 \text{ ms}$$

ويمثل هذه القيمة من الثالث الزمني ، يستغرق التيار زمنا قدره

$$5\tau = 5 \times 12 = 60 \text{ ms}$$

لكي يصل الى قيمته النهائية بعد اكمال المصدر للدائرة [ تحليل هذه الدائرة معطى في الفصل الخامس من كتاب الإلكترونيات المتقدمة لمؤلفه Noel M. Morris ، ونشره (Mc. Graw - Hill) وبعد مرور الفترة المعيرة يظل التيار المر في الدائرة ثابتا وتصبح الـ ق.د.ك المعارضة مساوية للصفر . وفي خلال هذه الفترة من التشغيل ، يساوي فرق الجهد على طرفي الملف مع هبوط الجهد عبر المقاومة الداخلية للملف . وفي الحالة ، تكون قيمة فرق الجهد الثابت صغيرة . فمثلا بالنسبة ملف ذي محث 150 mH وتياره المقنن 0.9 A تكون قيمة مقاومة الملف حوالي 2.5 Ω ، فعندما يمر اقصى تيار ، يصل فرق الجهد بين طرفي الملف الى ما يقارب 2.25V فقط .

وقبلا إلى مستعرض أن المفاح S الموصح في شكل ٤ - ٣ [ ١ ] مثاليا وأن محله يمكن أن يتحرك من الموصح الطوى الى الموصح السطى في زمن قدره صفرا . فعندما يحدث هذا التحرك فإن دائرة الـ RL تصبح في حالة مصر . ويبدأ التيار المار خلال الملف لحظيا في الازدياد . و مره اخرى ، تلعب قوانين الطبيعة دورها ، إذ تستحث في الملف ق.د.ك. معارضة وفي اتجاه يعاكس التغير في التيار ، أى أن اتجاه الـ ق.د.ك. المستحثة دائما يتحدد بحيث يحاول الإبقاء على قيمة التيار الأصلية في الدائرة . ويصحل قيمة ق.د.ك. المستحثة سطر ومعهما في نفس الوقت يصحل التيار المار في الملف أيضا . مره اخرى ، يستغرق التيار قدره رميه تعادل حوالى خمس مرات الثابت الزمني لكي يصحل الى قيمة في غاية الصغر [ انظر شكل ٤ - ٣ [ ج ] ] .

و موصح شكل ٤ - ٤ | أساس عمل كثير من السبواثر الالكترونية المستخدمة لا يصال أو قطع التيار في دائره مرحل . فالمفاح S [ المين في الموصح الموصل ] يستعاض به . من اجل التبسيط ، عن المفتاح الالكترونى الذى يمكن أن يكون واحدا من عديد من السط الى تشمل الترانزستور والثايرستور والثرمياك . معد مبح S ، تحول لـ ق.د.ك. المعارضه الى تستحث في الملف ، أن تحافظ على دوام انسياب التيار في الدائرة



شكل ٤ - ٤ | الموصح القلم في معظم السبواثر الالكترونية .

وينضح من المناقشة السابقة ان قطعة الـ ق.د.ك. المستحثة ذاتيا في الملف تتحدد تحت هذه الظروف بحيث تساعد الـ ق.د.ك. حتى تحافظ على دوام انسياب التيار . وكلما زادت سرعة فتح المفتاح S ، كلما ازديت قيمة الـ ق.د.ك. المستحثة ذاتيا في الملف ، حتى يقسى لها المحافظة على دوام انسياب التيار . وحيث أن الـ ق.د.ك. المستحثة ذاتيا في الملف يعاف الى جهد المصدر من جهد النقطة B بالنسبة الى النقطة C يكون أعلى من قيمة جهد المصدر .

ومن الممكن في بعض الدوائر بالتطبيقات العملية ، أن يصل جهد النقطة B ، لحظيا لقيمة تتعدى مائة ضعف جهد المصدر .

وكنتيجة لما سبق ، تتولد « شرارة سبيلية » من جهد عابر عبر المفتاح عند لحظة مضمرة . ولقد أصبح شائعا الآن ، أن نطأ أشباه الموصلات معرضة للثقب نتيجة الجهد الرائد . ومن المحتم أن تعطل الدائرة بطريقة ما ، من مثل هذا النوع من التطبيقات ، حتى يسمى أما وظيفه المفتاح الإلكتروني من أسوأ احتمالات لتأثير زيادة الجهد ، أو لمنع ظهور شرارة الجهد السبيلية تملأها [ انظر الفصل الثامن والفصل الخامس عشر ] .

ويمكن حساب قيمة الـ  $e$  . ق. د. ك. المستحثة ذاتيا  $e$  من المعادلة الآتية :

$$e = L \times \frac{di}{dt}$$

حيث  $di/dt$  هي طرئته مضمرة لقول « معدل تغير التيار بالنسبة للزمن » و  $L$  هي محالة الملف بالمهرى .

مادا كان المفتاح الموصح في شكل  $\epsilon - \epsilon$  « مثليا » فله يصبح قادرا من الوجهة النظرية على قطع تيار الدائرة في زمن قدره صفرا ، أي أن معدل هبوط التيار يصبح لانهائيا مادما لم تطبق هذه القيمة في المعادلة فأتينا برى أن قيمة الـ  $e$  . و. د. ك. المعارضة بالملف ، من مثل هذه الدوائر ، تطلع تبيه لا نهائية . ويؤدي هذا إلى تلف بسيطة شدة موصل مستعمله كمفتاح الكتروني . وبالتالي يصبح أمرا حيويا للعامة ، حماية أشباه الموصلات المستخدمة في مثل هذه الدوائر المتصلة من هذه العواقب .

## ٤ - ٦ دوائر $RL$ التفاضلية والتكاملية

يمكن استخدام دوائر الـ  $RL$  كمفاصل ومكامل للإشارات الكهربائية كما في حالة دوائر الـ  $RC$  . ويبين الشكل  $\epsilon - ٥$  الأشكال الأساسية لدوائر الـ  $RL$  . ونقل استخدام دوائر الـ  $RL$  كثيرا في عمليات التفاضل والتكامل عن دوائر الـ  $RC$  لدواع كثيرة لعل أهمها غلو وكبر حجم ملفات



شكل  $\epsilon - ٥$  ( أ ) دائرة تفاضل مكونة من  $RL$  ( ب ) دائرة تكامل مكونة من  $RL$

المحثة ويحتم أن تكون قيمة الثابت الزمني ( $L/R$ ) ، لدائرة التفصل الجية في شكل [ ٥ - ٤ ] ، أقل بكثير جدا من الزمن الدوري لاشارة الدخل ومن اللازم ايضا أن تكون قيمة الثابت الزمني ، لدائرة التكامل المعينة في شكل [ ٥ - ٤ ] اكبر بكثير جدا من الزمن الدوري لاشارة الدخل .

#### ٤ - ٧ ملفات المحثة في دوائر التيار المتردد

اقتصر في هذا الفصل على توضيح عمل المحثة في دوائر التيار المستمر وسيوضح عملها في دوائر التيار المتردد في الفصل السادس .

## الفصل الخامس

### الجهد المتردد والتيار المتردد

الجهد المتردد هو الجهد الذى تنعكس فيه قطبية طرفى المصدر بطريقة مستمرة بين الموجب والسالب . والشكل الموجى الجيبى أو المتردد هو ما تصادفه غالباً فى مجال الهندسة الكهربائية . ويسمى كذلك لأنه تتبع منحنى الجيب الرياضى عند رسم شكل موجة الجهد بالنسبة للزمن . وستكون الموجات الجيبية أساساً لمعظم المناقشة فى هذا الفصل والفصل الذى يليه .

ومن الجدير بالذكر أن كثيراً من الاشكال الموجية فى الدوائر الالكترونية لا تتخذ الشكل الجيبى . ومع ذلك فلا تزال معلوماتنا عن الموجات الجيبية ذات أهمية حيوية فى هذه الحالة لأنه يمكن اعتبار الموجات غير الجيبية ، كما سنرى فيما بعد ، مركبة من عدد كبير من الموجات الجيبية ( هذه الطريقة تسمى تركيب الشكل الموجى ) .

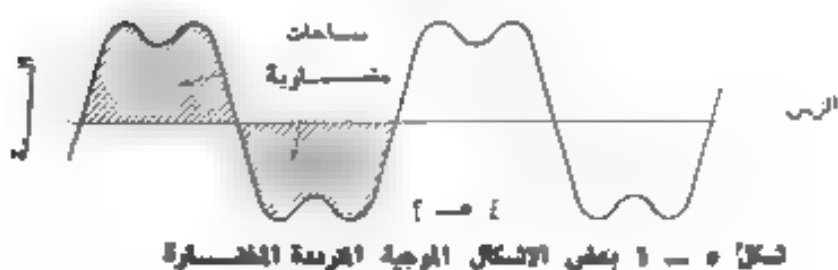
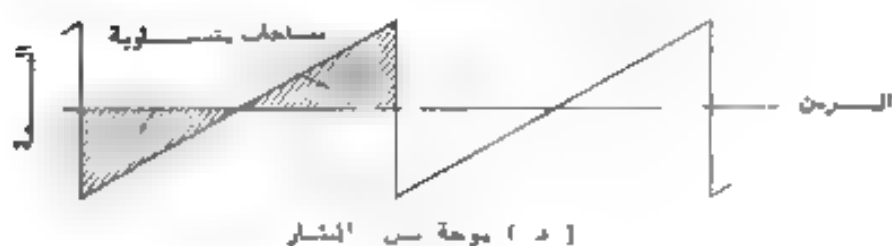
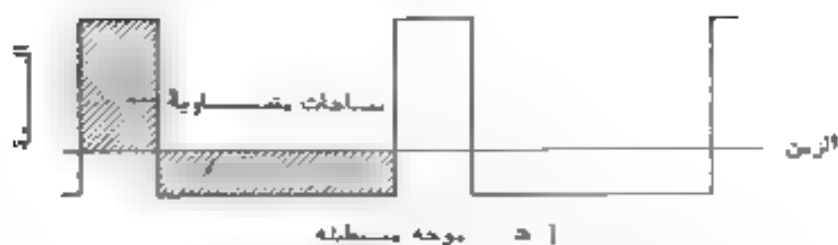
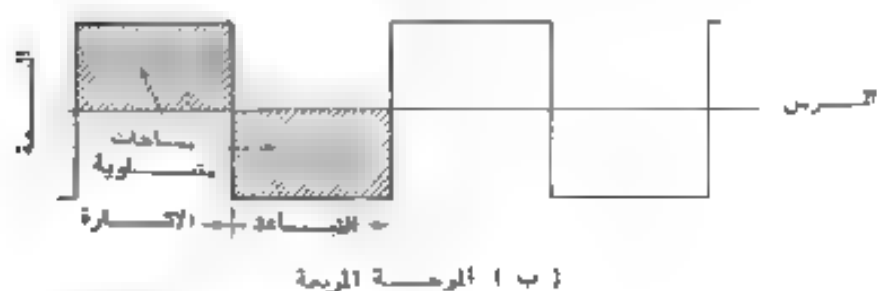
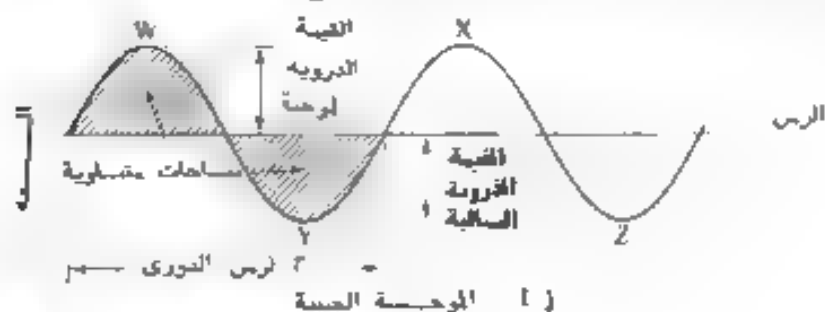
#### ٥ - ١ الاشكال الموجية المترددة

يوضح شكل [ ٥ - ١ ] مجموعة مختارة من الاشكال الموجية المترددة المتداولة فى الدائرة الكرونية .

ونلاحظ انه عندما يراد الإشارة الى الشكل الموجى المتردد فإنه من المألوف أن يسمى بالشكل الموجى للتيار المتردد ، ولو أن ذلك ليس تعبيراً دقيقاً . وفى هذا الكتاب فإن تعبير جهد تيار متغير سوف يعنى بهذا متردداً ، أما مصدر « تيار متردد » فإنه يعنى مصدراً متردداً ... الخ .

وسنوضح فيما يلى بعض الخصائص البارزة للاشكال الموجية التى يمثلها شكل [ ٥ - ١ ] . ومن اللازم أن نعرف أولاً معنى شكل موجى متردد ، فهو الشكل الذى تصلوى قيمه المتوسطة فى دورة كاملة للبوحة صفراً . بمعنى أنه ، إذا ما من لنا قىلس جهد المصدر المتردد مستخدماً d.c نولتيمتر [ القراءة المتوسطة ] فإن قراءته ستكون صفراً . وبالمثل إذا ما وصل d.c أميتر على التوالى مع حمل R فإن قراءته تكون صفراً أيضاً .

ويوضح شكله ٥ - ١ شكلًا موجبا أسليا ، وهو الموجة الجيبية ،  
والذي يعبر شكلا شائعًا من الأشكال الموجية لولاد التيار المتردد وكذا لخرج  
بعض أنواع المبدعات . ويتوارى الشكل الموجي حول خط الصفر وتتساوى  
المساحة التي فوق خط الصفر خلال النصف الأول للدورة مع قيمة المساحة  
التي تحت خط الصفر خلال النصف الثاني .



ومى الحقيقة على مساحات جميع الاشكال الموجية المترددة اسفل واعلى  
خط الصفر تساوي كما هو موضح بالشكل .

ان الرمز الدوري او متره الدندبة ، ويرمها T ، لشكل لموجة المترددة  
هو الرمز اللارم لانعام دورة واحدة فابله للتكرار ، ويقس الرمز الدوري  
للموجة بالثنية او مضاعفات الثانية ، وفى الشكل ٥ - 1 [ 1 ] ، يبين  
الرمز الدوري على انه الفاصل الرمزى بين نقطتي الصفر على الشكل  
الموجى عندما يكون المراد موجيا . ومن الممكن ايضا قياس الرمز الدوري  
بين النقطتين W و X او بين النقطتين Y و Z او بين اى نقطتين  
تحتويان على دورة كاملة من التغيرات .

وتردد الشكل الموجى المتردد ، ويرمها f ، هو عدد دورات الموجة  
المقطوعة كل ثانية . اب وحدة التردد فى النظام الدولى الاصطلاحي (SI)  
مهو الهرز ويرمها Hz والعلاقة بينهما وبين الرمز الدورى هى

$$f = \frac{1}{T} \text{ Hz}$$

والموجة التى يبلغ رسمها الدورى 2 ميكرو ثانية ( $2 \times 10^{-6}$  s) يكون  
لها تردد قلح قيمته

$$f = 1/(2 \times 10^{-6}) = 0.5 \times 10^6 \text{ Hz} = 500\,000 \text{ Hz} = 500 \text{ kHz}$$

وعند النهاية الاخرى لطيف التردد سحد تردد مصدر الفترة فى العظام  
الربطتى منه بمدارها 50 Hz برمز دورى قيمه 1/50 s و 20 ms .  
ومى امريكا سحد تردد مصدر الفترة قيمه بمدارها 60 Hz برمز دورى  
قيمته 16.67 ms وبوسع شكل ٥ - 2 اجهزة الاكبر من طيف التردد  
المعروف ويستخدم فى الشكل مضاعفات التردد

$$1 \text{ kHz} = 1 \text{ kilohertz} = 1\,000 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 1 \text{ megahertz} = 1\,000\,000 \text{ Hz} = 1\,000 \text{ kHz}$$

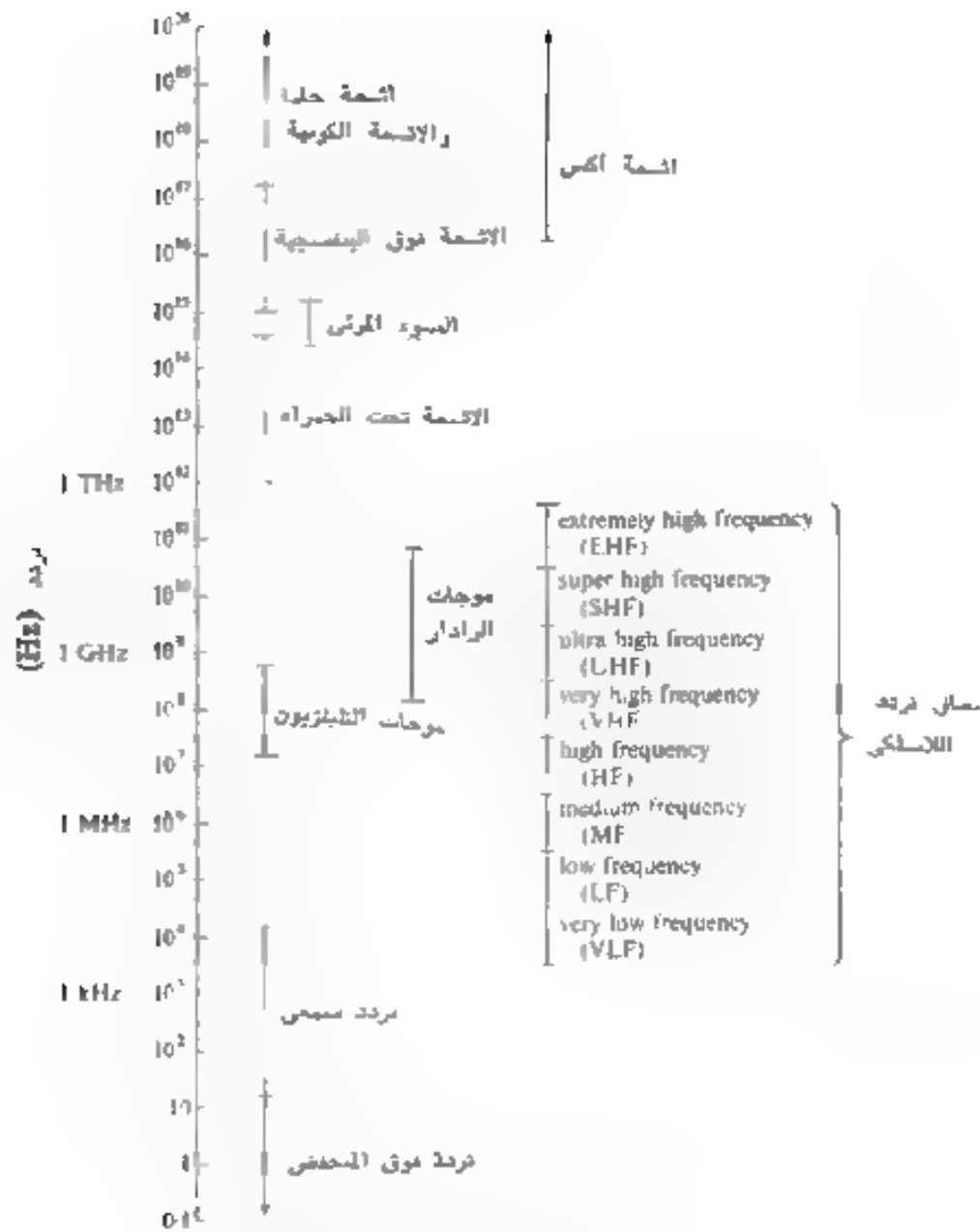
$$1 \text{ GHz} = 1 \text{ gigahertz} = 1\,000\,000\,000 \text{ Hz} = 1\,000 \text{ MHz}$$

$$1 \text{ THz} = 1 \text{ terahertz} = 1\,000\,000\,000\,000 \text{ Hz} = 1\,000 \text{ GHz} \\ = 1\,000\,000 \text{ MHz}$$

وسدا مدى الترددات التى تقابلها عادة فى علم الالكتروسات عند حوالى  
10 Hz فى اسفل نهاية نطاق التردد السمعى وتمتد حتى  $10^{11}$  Hz بالتقريب  
(100 GHz or 100 000 MHz) فى اعلى نهاية نطاق تردد الوادار . ويلزم  
تشغيل بعض انواع الاجهزة على درجة كبيرة من الدقة مثل ساعة اليد  
الالكترونية التى تعمل بمذبذب يبلغ تردده 32768 Hz

ويقع نطاق ماسد التردد المحض اسفل نطاق التردد السمعى . ولبان  
ما نواحه مثل هذه الترددات فى التطبيقات العملية التى قد تشمل اجهزة  
اخفاء التردد فى نظم التحكم مثل نظم التحكم الكهروميكانيكية [ آلية التحكم ]  
القوى والتى تكون استجابتها فى غلبة البطء .





شكل ( ٥ - ١ ) نطاق في طيف التردد الكهرومغناطيسي

ويكون الفهم الدروبي لشكل الموجة المتردده في أقصى قيمة يمكن الوصول إليها سواء كانت أعلى أو أسفل خط الصفر . وتوجد قيم دروي متساوية خلال كل نصف دوره للشكل الموجية [ أ ] ، [ ب ] ، [ د ] ، [ هـ ] والموضحة في شكل ٥ - ١ . أما في حالة الموجة المستقطبة شكل ٥ - ١ [ ج ] فإن قيم الدروي الموجية والسالبة لا تتساوى .

وفي بعض الحالات ، تستخدم قيمة ما بين الدورتين للشكل الموجي في الحساب . وهي تمثل الفرق بين القيمة الدروبي الموجية والقيمة الدروبي

السالبة وهي ضعف القيمة الذرية لكل من الاشكال الموجبة [ ١ ] ، [ ب ] ، [ د ] ، [ هـ ] ، في شكل [ ٥ - ١ ] .

وتعرف جميع الاشكال الموجبة من [ ب ] الى [ هـ ] في شكل [ ٥ - ١ ] بالاشكال الموجبة غير الجيبية . للموجة المربعة التي في شكل [ ب ] ، فان الفترة الزمنية للجهد الموجب تتساوى مع الفترة الزمنية للجهد السالبة ، ومعرف هاتين الممتزتين كل على حدة ، بفترة الاشارة وفترة التبادل للموجة . وتعرف النسبة الزمنية للفترةين بنسبة الاشارة الى المباددة للموجة . وفي حالة الموجة المربعة بالشكل [ ب ] فان قيمة هذه النسبة تساوى واحداً اما بالنسبة للموجة المستطيلة بالشكل [ هـ ] فان قيمة هذه النسبة هي 3 : 1

يوضح شكل ٥ - ١ [ د ] أحد أنواع الموجات الاثريه [ سن المنشار ] وسميت كذلك بسبب شكلها . ويتواجد مثل هذا النوع من الموجات في دوائر الانحراف التقطى الزمنى لرسمه التذبذبات وفي دوائر تزامنية اخرى ويعتبر الشكل الموجي المبين في شكل [ ٥ - ١ ] [ هـ ] نموذجاً شائعاً لموجة جيبية مشوهة .

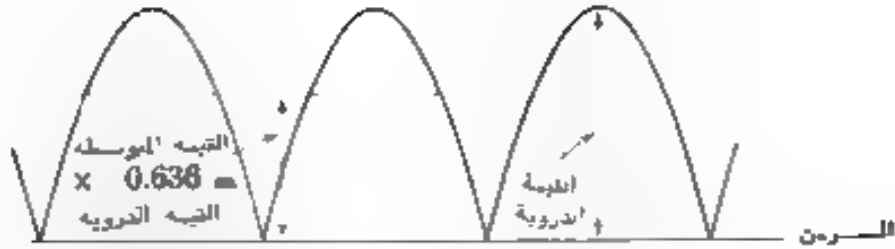
## ٥ - ٢ القيمة المتوسطة للموجة المترددة

كما ذكر سابقاً ، نأخذ بالنسبة للموجة المترددة الحقيقية تتساوى المساحة الموجبة مع المساحة السالبة وتساوى المساحة الكلية تحت المنحنى صفراً [ مع الاخذ في الاعتبار الاشارة الرياضية لكل من المساحتين ] . وبالتالي ، تكون القيمة الحقيقية للوسط الحسابي [ أو متوسط القيمة ] للموجة المترددة مساوية للصفر .

وفي الهندسة الكهربائية والالكترونيات ، تكون القيمة المتوسطة هي المرجع المألوف للموجة المترددة . وفي هذه الحالة ، يرجع الى القيمة المتوسطة للموجة بعد ان تكون قد قومت بواسطة مقوم مثالي للموجة الكاملة . وسوف نتأقش عملية القويم تفصيلياً في الفصل الثالث وسيعطى هنا مجرد وصف بسيط . ويتولى مقوم الموجة الكاملة وظيفة قلب انصاف الموجات السالبة بطريقة فعالة ، بحيث تندو جميع انصاف الموجات فوق خط الصفر . ويوضح شكل [ ٥ - ٣ ] موجة هيبية كاملة القويم ، وحيث أن كلا من نصفي الدورتين قد اتخذ الآن اشارة موجبة فله يمكن بالتالي قياس او حساب القيمة المتوسطة للموجة وفي حالة الموجة الجيبية ، تكون القيمة المتوسطة هي

$$\text{القيمة المتوسطة} = 0.636 \times \text{القيمة الذرية}$$

وتكون القيمة المتوسطة لتيار جيبى متردد ذو ذروة قيمتها 10 mA ، هي 6.36 mA . وينبغي ادراك أن الرقم 0.636 ينطق بالموجة الجيبية فقط وليس بالموجات الاخرى غير الجيبية .



→ دورة واحدة من تردد المصدر ←

شكل ٥ - ٢ موجة جيبية كالفة التعويم

فمثلاً تتساوى القيمة المتوسطة للموجة المربعة [ شكل ٥ - ١ ] ب [ ب ] مع القيمة الدورية للموجة .

٥ - ٢ قيمة جذر متوسط المربعات « ج . م . م »

أو القيمة الفعالة للموجة المترددة

قيمة ج.م.م. للسوكة المترددة هي قيمتها الفعالة أي أنها هي القيمة التي تحدث نفس كمية الحرارة التي يحدثها التيار المستمر إذا مر من نفس المقاومة . مع حالة الموجة الجيبية .

قيمة ج.م.م. =  $0.707 \times$  القيمة الدورية

فبالنسبة لمصدر جهد  $240 \text{ V}$  ج.م.م. فلن

$$\text{القيمة الدورية} = \frac{\text{قيمة ج.م.م.}}{0.707} = \frac{240}{0.707} = 339.5 \text{ فولت}$$

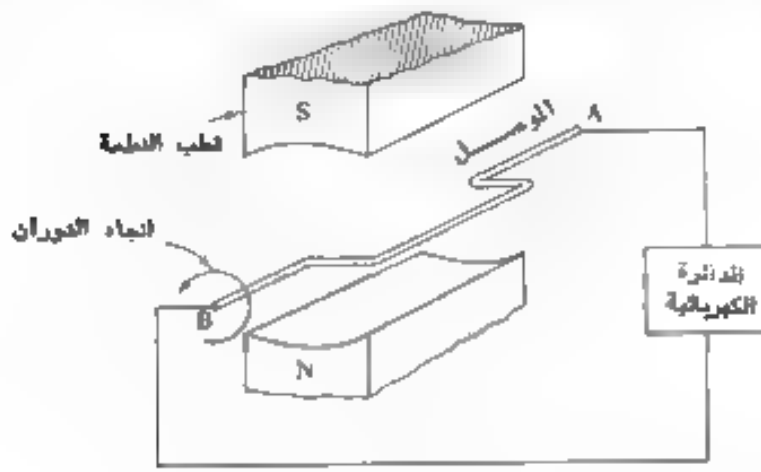
ونطبق المعامل  $0.707$  المعطى عليه في حالة الموجة الجيبية فقط ، وليس للموجات الأخرى . فمثلاً تتساوى قيمة ج.م.م. للموجة المربعة مع قيمتها الدورية .

٥ - ٤ بيان علاقة الطور

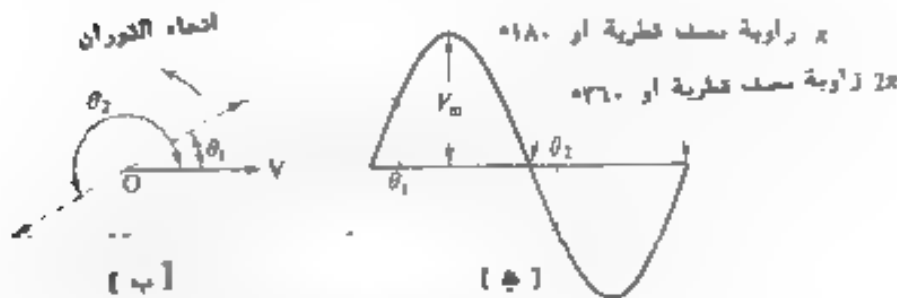
لنأخذ تحت الاعتبار مولداً للجهود المتردد ذا سلك واحد كما هو موضح بالشكل ٥ - ٤ [ ١ ] أ د يدور السلك ، ذي المركز عند مركز المضاميطيس الدائم ، بسرعة ثابتة . فعندما يكون السلك في الوضع الأقرب للقطب الشمالي S من المضاميطيس ، فإن الجهد المستحث به يتخذ اتجاهه بحيث

يؤدي إلى سريان التيار خارجاً من الطرف A للسلك . أما إذا كان السلك في الوصل الأقرب للقطب الجنوبي A ، فالتيار يسري خارجاً من الطرف B في هذه الحالة . وهكذا تتناوب قطبية الطرف N للسلك أثناء إشارته موجبة ثم أخرى سالبة عند دوران السلك في المجال المغناطيسي .

والآن ، لنفترض أن OV في شكل ٥ - ( ب ) يمثل بمقياس رسم مناسب أقصى قيمة  $V_m$  من الجهد المتردد والمستحث في هذا السلك ، ولنفرض أيضاً أن OV [ يعرف بمين الطور ] يدور بسرعة ثابتة حسب اتجاه عقرب الساعة . فإذا ما رصدت المساقط العمودية لطرف ممين الطور خلال دورانه ، نستطيع أن نحصل على موجة جيبية شكل ٥ - ( ج ) . وتترافق نقطة البداية للموجة مع اللحظة التي يتخذ فيها ممين الطور وضعاً أفقياً . أي عندما تكون زاوية الدوران مساوية للصفر . فبعد ما يدور ممين الطور زاوية مقدارها  $\theta_1$  يكون جهد الطرف A للسلك في أي جهد من الطرف B . وبعد جزء من الوقت ، يكون ممين الطور قد دار خلال زاوية  $\theta_2$  مقاسه من نقطة البداية ، ويصبح جهد الطرف A للسلك سالماً بالنسبة للطرف B ، وبعد دوره كاملة يكون طرف ممين الطور قد رسم موجة جيبية كاملة .



[ ١ ]



شكل ٥ - ( ج ) يولد المتردد ذو سلك واحد [ ب ] تمثل الجهود المتولدة بواسطة ممين الطور [ ج ] جهد الموجة الجيبية .

وحيث أن الدورة كاملة لمين الطور مستغرق  $360^\circ$  ميكانيكه مانه ، نظرا لوجود زوج واحد فقط من الاقطاب ، يساوى الدرجات الكهربائية للموجة المتردده مع الدرجات الميكانيكه وتصبح  $360^\circ$  كهربائيه ايضا . وعلى من الصن . أن عدد الدرجات الميكانيكية طبقا لمصاعبات عدد ازواج الاقطاب الموجوده . ونقاس زاوية الدوران ، كطريقه بديله فى بعض الاحيان بعدد الزاوية النصف قطريه غيب يسمى بالتقدير الدائرى . ويوضح شكل ٥ - ٥ فكرة القياس بالزاويا النصف قطريه .

فالزاوية النصف قطريه هى الزاوية المركزية التى يتساوى طول قوسها المحصور بين ضلعيها مع نصف قطر الدائرة المرسومة فيها هذه الزاوية ، وقسمه الزاوية النصف قطريه يساوى  $57.3^\circ$  بالتقدير الستسى . ويوجد هناك  $2\pi$  (6.284) زاوية نصف قطريه بالدائرة او فى دوره كامله .  
لذا فان

$180^\circ$  تكافئ  $\pi$  زاوية نصف قطريه

$360^\circ$  تكافئ  $2\pi$  زاوية نصف قطريه

ويساوى الزمن الذى يستغرقه السلك فى شكل ٥ - ٤ [ أ ] ليدور دورة كامله مع الزمن الدورى T للموجه المتردده ، لذا فان سرعة دوران السلك  $\omega$  مقدره بعدد الزوايا النصف قطريه لكل ثقيه تكون

$$\omega = \frac{2\pi \text{ زاوية نصف قطريه}}{\text{الزمن الذى تستغرقه دورة كامله}} = \frac{2\pi}{T} \text{ rad/s}$$



شكل ٥ - ٤ الزاوية النصف القطريه

لقد وضع سابقا أن تردد الموجة يساوى  $1/T$  ان

$$\omega = 2\pi f \text{ rad/s}$$

حيث  $f$  هي التردد مقدرا بالهرتز . وتعبر الكمية  $w$  أحيانا بالتردد الراوى للموجه وتعطى السرعة الزاوية للشكل الموجى دى تردد يساوى 50 Hz بالقيمة التالية :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi = 314.2 \text{ rad/s}$$

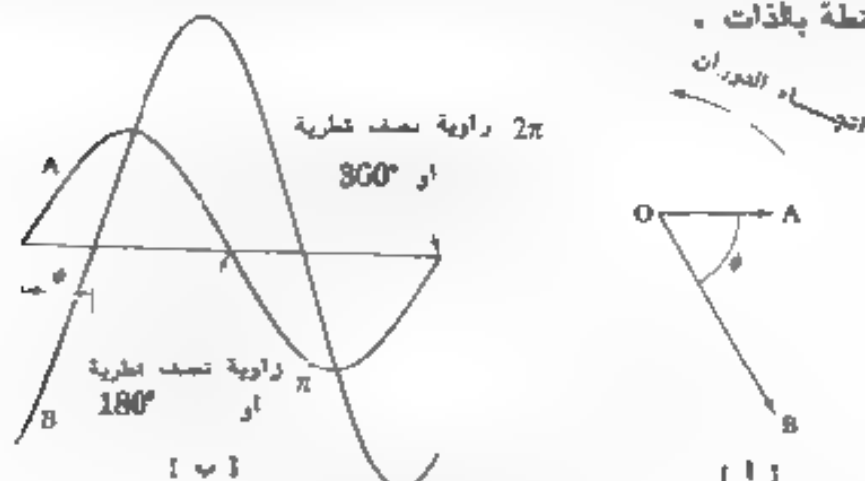
لقد وجد ان مكرة التردد الراوى ذات فائدة خاصة عند التعامل مع دوائر التيار المتردد .

## ٥ - ٥ اختلاف زاوية الطور

تتعامل من كثير من الدوائر الالكترونية مع موحات حسنة للجهد والتيار حيث يختلف زاوية الطور بينهم . ويوضح شكل ٥ - ٦ | مثلا على ذلك . فمن الممكن توليد مسبب للطور من حركة دائرية كما هو موضح بالرسم (a) من الشكل المذكور بواسطة سكين متصلين داخل المويد الكهربائى ولكن يبعد كل منهما عن الآخر بزاوية  $\phi$  | تنطق غاي | .

نعد لحظة الزمن تحت الاعتراف من الرسم | ١ | يحدد من الطور OA وضعا اعتبا . وتكون القيمة اللحظية عند إسقاط الموجه الضبية | الرسم [ ب ] | مساوية للصفر . ويحدد من الطور OB . فى نفس اللحظة ، الموضع الأسفل بحيث تتحدد ميينه المسطرة على الشكل الموجى من [ ب ] إشارة سالبة . عند دوران منى الطور ضد اتجاه عقارب الساعة تصبح قيمة الشكل الموجى A موجهه سبب تقل القيمة السالبة للشكل الموجى B حتى تصبح ايجابية اللحظية للمحى B مساوية للصفر وذلك بعد زاوية من الدوران مقدارها  $\phi$  .

ونستخدم طريقة مسطه من الهندسة الكهربائية لشرح الأوضاع المسماة لمبيلات الطور المختلفة من خلال بيان العلاقة الموضح فى شكل ٥ - ٦ | كالآتى . نضع اتجاه اتجاه دوران مبيلات الطور طبقا للاصطلاح المصوب به [ ضد اتجاه عقارب الساعة ] يسمى ملاحظة ترتيب مرور مبيلات الطور عند نقطة بالذات .



شكل ٥ - ٦ رسم يوضح ان ضابط الطور B يتأخر من ضوابط الطور A بزاوية  $\phi$  او بمعنى آخر بيان علامة الطور B متقدم عن بيان علامة الطور A .

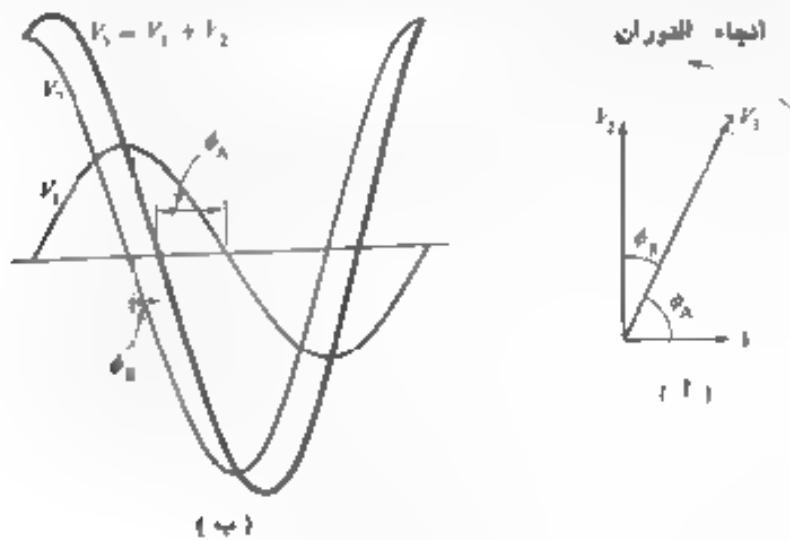
والسهولة ، تأخذ هذه النقطة عادة فوق الخط الأفقي على يمين مركز دوران مميزات الطور . وفي الشكل ، نستطيع ان نرى مميزات الطور OA ملائمة خلال هذا الخط الأفقي قبل ان يبرمه مميزات الطور OB . لذا يقال ان مميزات الطور OA يتقدم عن مميزات الطور OB بالزاوية  $\phi$  . وبكيفية أخرى ، يقال ان مميزات الطور OB يتخلف عن مميزات الطور OA بالزاوية  $\phi$  . وكتبراً ما يرجع الى الزاوية  $\phi$  على ان « الاحتلاف الطوري » او « زاوية الطور » بين مميزات الطور .

وحيث ان دورة اموجة المبردة سم خلال متره رمبه ثلثة [ الزمن الدوري ] فان زاوية دوران مقدارها  $360^\circ$  كهربائيه مكافئه عمرة رمبيه تساوي الزمن الدوري . ماذا كان تردد الموجه يساوي  $50 \text{ Hz}$  . ما ان زماما دوريا قدره  $1/50 \text{ s}$  او  $20 \text{ ms}$  مكافئه دوران مميزات الطور خلال زاوية مقدارها  $360^\circ$  . اذا كانت زاوية الطور  $\phi$  باللمبة لشكل  $\phi$  - 60° تساوي  $60^\circ$  ، فان « الاحتلاف الطوري » عند تردد المصدر تساوي  $50 \text{ Hz}$  ، بماطرماتنا رمبيا بين مميزات الطور مقدار  $3.33 \text{ ms} = 60/360 \times 20$  . اما عند تردد مقدار  $500 \text{ Hz}$  اي ان الزمن الدوري  $2 \text{ ms}$  فان زاوية للطور مقدارها  $60^\circ$  سافر مارتنا رمبيا مقدار  $0.33 \text{ ms}$  .

## ٥ - ٦ جمع الموجات الجيبية

بين شكل ٥ - ٧ | طريقه جمع مميزات الطور  $V_1$  و  $V_2$  . فطبقا للطريقة الموصحه عالياه يصبح ان مميزات الطور  $V_2$  يتقدم عن مميزات الطور  $V_1$  براويه مقدارها  $90^\circ$  . ويوضح الرسم | | اعلمه جمع مميزات الطور  $V_2$  و  $V_1$  بطريقة الرسم . نكبال متوازي الاضلاع للحصول على المحصلة  $V_3$  . ويدور مميزات الطور  $V_3$  بنفس سرعة  $V_1$  و  $V_2$  ويرسم الاستقطاب المبردي لطره موجه جيبية كما في شكل ٥ - ٧ | ب | | .

وفي هذه الحالة تحت الاعسر ، متقدم مميزات الطور  $V_3$  عن  $V_1$  براويه مقدارها  $\phi_A$  ويتخلف عن  $V_2$  براويه مقدارها  $\phi_B$  . وينصح من شكل ٥ - ٧ | ب | ان الزمن الدوري والتردد لكل من  $V_1$  و  $V_2$  و  $V_3$  متماثل .

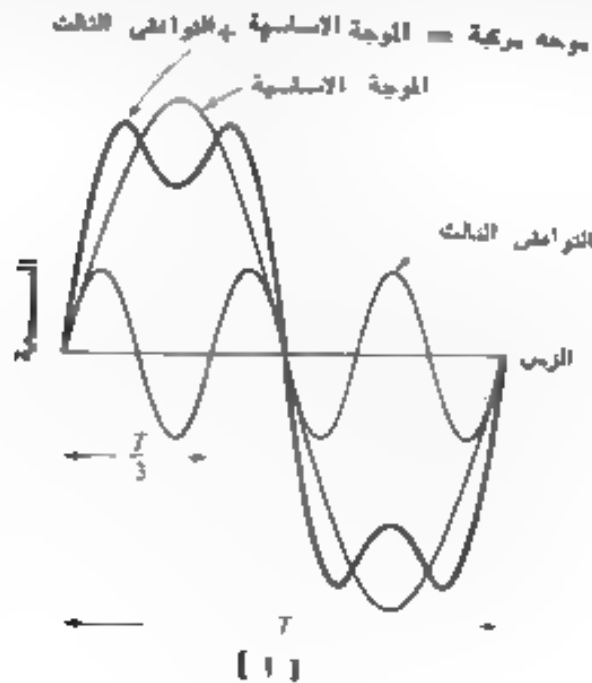


## ٥-٧ التوافقيات

يمكن اعتبار الاشكال الموجية المترددة غير الجيبية مثل الموجة المستطيلة وموجة اسلر المنشار الموصفتين في شكل ( ٥ - ١ ) وكأنها مركبة من مجموع عدة موجات جيبية . ولهذه الموجات الجيبية ، مضاعفات تسامله ، [ مازم صحيحة ] للتردد الاساسي [ التردد الرئيسي ] . وتعرف هذه الترددات الاعلى ، والتي تشارك في تركيب الشكل الموجي النهائي بالترددات التوافقية او بالتوافقيات السهولة . ويتحدد التردد التوافقي الثاني قيمة تعادل ضعف التردد الرئيسي بينما يتحدد التردد التوافقي الثالث قيمة تعادل ثلاثة اضعاف التردد الرئيسي . . الح . ماذا كانت قيمة التردد الرئيسي لتعادل 1 KHz ، على قيمة التردد التوافقي الثاني تعادل 2 KHz ، ويعادل التردد التوافقي الثالث ما قيمته 3 KHz بينما تصبح قيمة التردد التوافقي الخامس عشر تعادل 15 KHz . . الح .

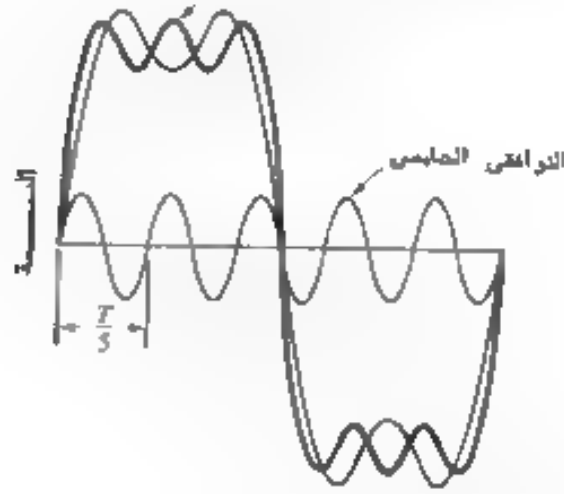
وسمى عملية تركيب موجة مركبة وعبر جيبية من التردد الاساسي وعدد من التوافقيات بالتركيب الموجي . ويمكن توضيحها في حالة الموجة المربعة المبينة بشكل ٥ - ٨ . وتتحدد الخطوة الاولى لتركيب الموجة بضامة التردد الرئيسي ذي الزمن الدوري T على التردد التوافقي الثالث ذي الزمن الدوري T/3 . بعد نهاية جمع الموحين كل منهما للآخرى ، تندو الموجة المحصلة كما في شكل ٥ - ٨ ( ا ) وقد ظهر نتائج موجي صغير عند كل دروة ، الموجة منها والسالية . وتبلغ دروة الموجة التوافقيه الثالثه ثلث دروة الموجة الرئيسية .

فلذا اصفا الان الموجة التوافقية الحامسة ، والتي تطلع دروتها خمس دروة الموجة الرئيسية ، الى الموجة المركبة التي حصلنا عليها في الرسم ( ا ) فاما محصل على الموجة الموصحه في شكل ( ٥ - ٨ ب ) . ومن الممكن ان نرى كيف يؤدي مجموع الموحات التوافقية الثالثة والحامسة مع الموجه الرئيسية لندء اتحاد شكل الموجة المربعة . فلذا ما استطردنا من تحصيل التوافقيات السابعة والتاسعة والحامسة عشرة وجميع الترددات التوافقية القدره السالية ، والتي تتصاغر قيمتها الواحدة تلو الاخرى .





الموجة الاساسية + التوافقي الثالث + التوافقي الخامس



(ب)

شكل ٥ - A خطوات التركيب الموجي

فإن ذلك يؤدي إلى أن يقرب الشكل الموجي أكثر وأكثر لانحدار شكل الموجة المربعة . ومن الوجهة النظرية . فلأنه من أصله عدد لانتهى من الترددات التوافقية لكي يتم تركيب موجة مربعة حاصلة .

وتقوم عالمة الأجهزة الموسيقية الإلكترونية بتركيب الأصوات الموسيقية بطريقة مشابهة لما وصف عاليه . ويتم تحقيق شكلية واسعة من الأشكال الموجية ، والتي لا يحتم أن تكون حبيبية بالضرورة ، حتى بنفسى الوصول إلى مركبات لأشكال موجية أخرى أكثر شيوعاً .

ويعطى كثير من المعدات الإلكترونية أشكالاً للتيار غير حبة الموجة وبالتالي فإنها تمرر كمية كبيرة من الترددات التوافقية العالية بالتيار . ويعسر المسحاق الفلورى مثلاً لواحد من أنواع مولدات التيار بالترددات التوافقية حيث يقوم بتوليد كمية كبيرة من الإشارات الإلكترونية ذات التردد العالي . نادراً لم تتحد الاحتياطات لكبت هذه التوافقيات ، فمن الممكن أن تؤدي إلى تداخل مع مستقبل المذياع وجهاز التلفزيون . وقد تؤدي سائط المسامع الإلكترونية مثل الثايرستور إلى تحميل مصدر الجهد بشارات ذات ترددات عالية مما قد يؤدي إلى مشاكل تداخل مع الأجهزة الإلكترونية القوية .

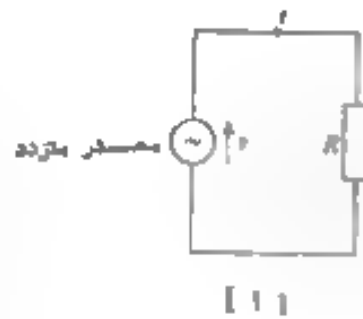
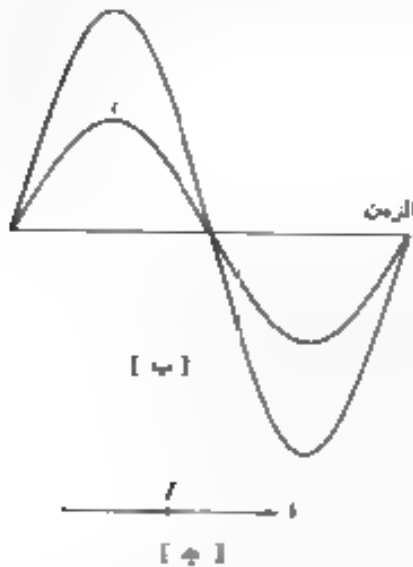
ويسمى عملية تحويل الموجة المربعة ، الموجة المربعة على سبل المثال ، إلى عناصرها التوافقية المكونة باسم التحليل الموجي ، ويتم هذه العملية بواسطة معدات تستخدم مرشحات ذات حساسية للترددات .

## الفصل السادس

### دوائر التيار المتردد

#### ٦-١ المقاومة في دائرة التيار المتردد

عند تطبيق جهد متردد بين طرفي مقاومة كما في شكل ٦-١ فإن التيار المتردد في الدائرة يتناسب دائماً مع الجهد . بالنظر إلى الشكل الموجي لكل من التيار والجهد من جهة الشكل والطور (أنظر شكل ٦-١ ب) .



شكل ٦-١ الشكل الموجي لدائرة تربيده (R.C) يحتوي على مقاوم تقي .

حيث أن كلا من الجهد والتيار لهما نفس الطور فإن التفاضل الانتحاهي لهما يكون كما في شكل ٦-١ جـ حيث نصل الكبيات  $V$  و  $I$  الحضر التربيمي للقيمة المتوسطة لمربع كل كيه لـ (R.M.S) أو القيمة الفعالة للتيار والجهد على الترتيب . ويطبق قانون اوم على هذه الدائرة كالآتي

$$V = IR$$

حيث  $V$  و  $I$  هي الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع كل من الفولت والتيار ،

إذا وصل بين طرفي مقاومة مقدارها  $10 \Omega$  جهد قيمته  $20 \text{ m V}_{\text{rms}}$  فإن القيمة الفعالة للتيار المار في الدائرة تكون

$$I = \frac{20 \times 10^{-3}}{10} = 2 \times 10^{-3} \text{ A} = 2 \text{ mA}$$

وتكون قيمة القدرة المستهلكة

$$P = VI = 20 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3} = 40 \times 10^{-6} \text{ W} = 40 \mu\text{W}$$

## ٦ - ٢ المحاكاة في دائرة التيار المتردد

عند توصيل محث متي بمصدر متردد فإن التيار المتسبب المار في الدائرة يخلو عن الجهد المسلط زاوية مقدارها  $90^\circ$  وينتج هذا من القوة الدافعة الكهربية (ق.د.ك) العكسية والمستحثة في الملف عندما يتغير التيار المار في الملف كما سيوضح فيما يلي :

فكر في الفصل الرابع أن الس.ق.د.ك المستحثة ذاتيا في الملف  $e$  هي

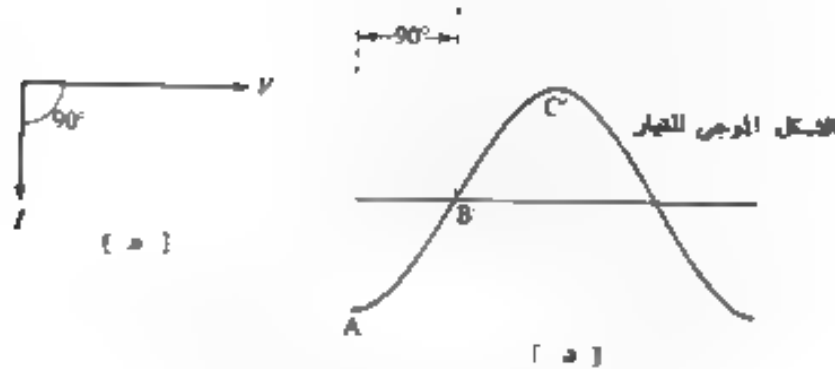
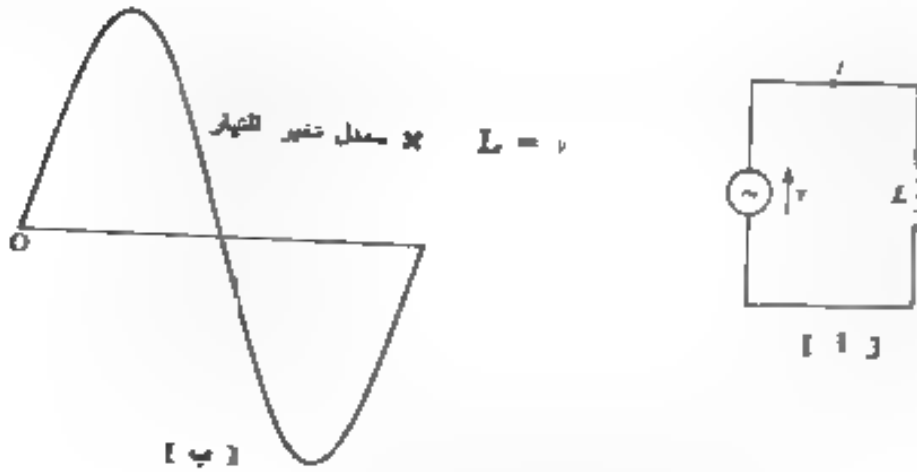
$$e = L \times \text{معدل تغير التيار}$$

في الدائرة المحسوية على محث بحتة فقط ، تكون القيمة اللحظية للس.ق.د.ك العكسية في الملف هي عرق الجهد الوحيد في الدائرة ويساوي القيمة اللحظية للجهد المسلط ، أي

$$V = L \times \text{معدل تغير التيار}$$

يبين شكل ٦ - ٢ [ ب ] الشكل الموجي للجهد  $V$  حينما يكون مصدر الجهد جيبيا وبساطة ، حيث أن  $L$  عبارة عن قيمة عددية ثابتة من المعادلة السابقة تكون للمحصى الذي يمثل معدل تغير التيار بنفس زاوية وجه الجهد  $V$  كما هو مبين في شكل ٦ - ٢ [ د ] . لكي نحصل على الشكل الموجي للتيار ، نأخذ نقطة نقطة من المنحنى  $C$  ، عند النقطة  $A$  على المنحنى  $(C)$  ، قيمة معدل تغير التيار تساوي صفرا ولكن على يمين لنقطة  $A$  مباشرة تكون لها قيمة موجبة وهذا معناه أن ميل منحنى التيار ، المحصى  $(d)$  يكون صفرا عند  $A$  ولكنه يصبح موجبا على يمين  $A$  [ أي أن الميل إلى أعلى من الشمال إلى اليمين ] . وعند التحرك للنقطة  $B$  على المنحنى  $(C)$  تتخذ قيمة معدل تغير التيار عند هذه اللحظة قيمتها العظمى . وهذا يملئ أن ميل منحنى التيار [ المنحنى  $d$  ] يكون موجبا وأكبر ما يمكن عند اللحظة

**B** . وتكون قيمه معدل تغير التيار بين النقطتين (B) . (C) موجبة ولكن قيمتها تتناقص بالتالي يصبح ميل منحنى التيار بين النقطتين المأخوذة أقل حدة تدريجيا ، حتى عند النقطة C يصبح ميل المنحنى يساوى صفرا . وهذا يعنى أن المنحنى يصل عند قيمه الذروي لحظيا . وتصبح قيمة معدل تغير التيار ، على يمين النقطة مباشرة . سالبة على المنحنى (C) ، وهذا يعلى أن ميل منحنى التيار أصبح سالبا . وهكذا نكون ميول منحنى التيار من اليمين الى الشمال حتى يتلاشى في القبة مع الزمن .



شكل ٦ - ٢ معادلة بطة ضمن دائرة تيار متردد

باستمرار المناقشة على الجزء الثاني من المنحنى (C) نحصل على الشكل الموجي لمنحنى التيار (d) الذي هو عبارة عن منحنى جيبي متخالف

عن المحسى (b) مرأويه مدرها 90° . ويوضح شكل ٦ - ٢ [ هـ ] العلامة بين الجهد والتيار والمناظر لهذه الدائرة .

ملخص . في دائرة التيار المتردد المحبوبة على محاذة بحنة فقط يتخلف التيار عن الضغط المسلط بزاوية مقدارها 90° .

أيضا تحدد الـ . و.د.ك المستحثة في الملف من قيمة لتيار المصاب في الدائرة . وحتى إذا كانت قيمة مقاومته الملف يساوي صغرا من قيمة الـ . و.د.ك المستحثة في الملف تحدد أيضا من قيمة التيار .

وهذا التأثير الحدي في دائرة تحتوي على محاذة بحنة يعرف بمفاعله الحث ويرمز لها بالرمز  $X_L$  ، حيث

$$X_L = \frac{V}{I} = 2\pi fL = \omega L \quad \Omega, \text{ ملليهنرى } [ \text{ مـ } ]$$

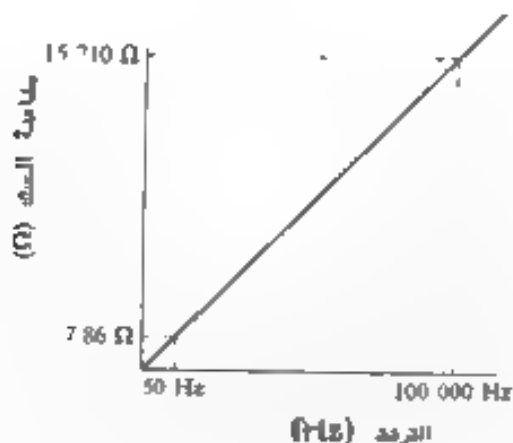
مفاعلة ملف دى محاذة مقدارها 25 mH عند تردد 50 Hz

$$X_L = 2\pi \times 50 \times 25 \times 10^{-3} = 7860 \times 10^{-3} = 7.86 \Omega$$

وعند تردد 100 KHz تكون مفاعلة الحث مقدارها

$$X_L = 2\pi \times 100 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-3} = 15710 \Omega$$

واضح من الحسابات السابقة أن مفاعلة الحث تزداد مع التردد . معين شكل ٦ - ٢ | أ | كيفية تغير مفاعله الملف مع التردد . وكنتيجة لذلك يتقه عمودوصلل محاذة بقيمة معينة ضمن دائرة ملف التيار الذي يسمح بمروره في الدائرة عند التردد المنخفض يكون أكبر من التيار الذي يسمح بمروره عند التردد العالي .



شكل ٦ - ٢ رسم يبين تغير مفاعله الحث لمحاذة مقدارها 25 mH مع التردد

## ٦-٣ المكثف في دائرة التيار المتردد

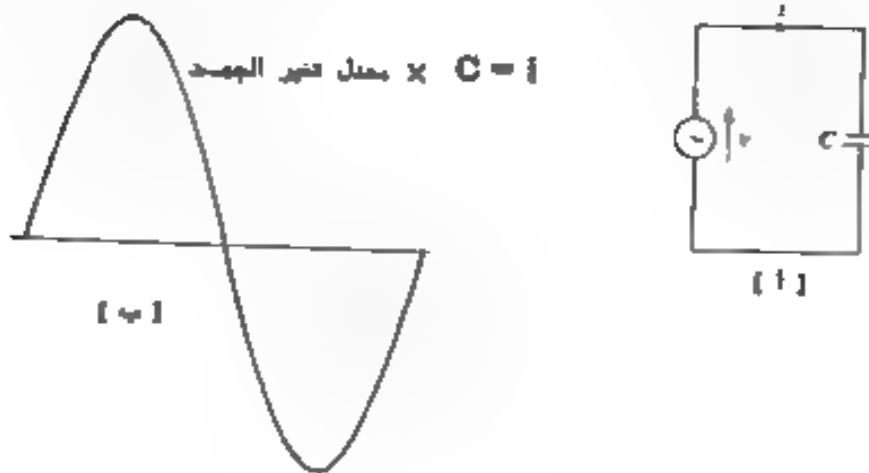
بعد توصيل مكثف بمصدر جيبي متردد كما في شكل ٦ - ١ [ أ ] فلما نجد ان التيار المار في الدائرة يكون متقدما عن الجهد بزاوية مقدارها  $90^\circ$  .

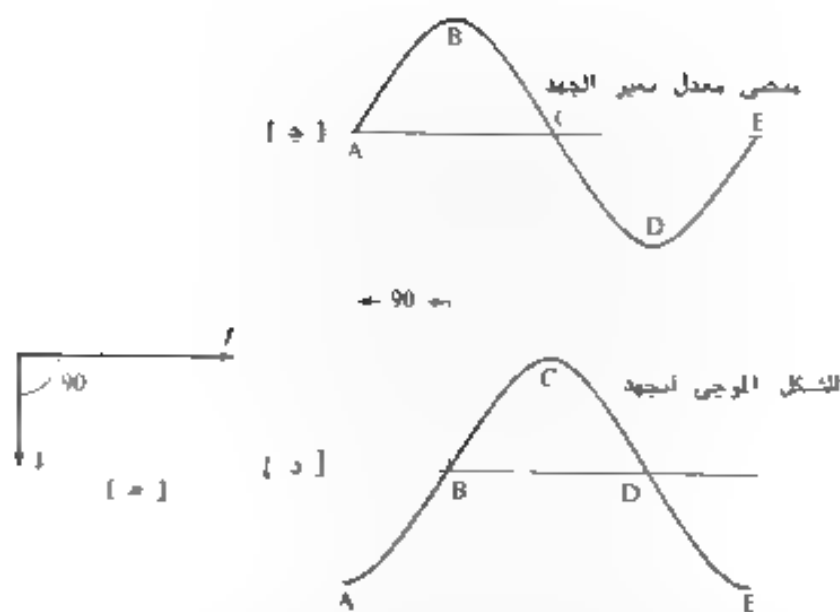
وكما سبق في الفصل الثالث ، تعطى القيمة اللحظية للتيار المار في المكثف بالمعادلة .

$$i = C \times \text{معدل تغير الجهد بين طرفي المكثف}$$

حيث  $C$  في المعادلة السابقة عبارة عن مجرد قيمة عددية ، وبالتالي فان الشكل الموجي للتيار [ المنحنى B ] ومعدل تغير الجهد [ المنحنى C ] يتماثلان .

يمكن استنتاج الشكل الموجي للجهد بين طرفي المكثف باستخدام تقنية مماثل للذي استخدم في حالة الحثّة. عند اللحظة A في شكل ٦ - ١ [ أ ] يساوي معدل تغير الفولت بين طرفي المكثف صفرا ويكون موجبا بين القطبين A و C .





شكل ٦ - ١ مكثف في دائرة تيار وتردد

بالتالي فإن ميل محسى المولت عن اللحظة A يكون صفراً وبصح موجبا بين القطبين A و C أى أن ميل محسى الجهد يكون مزايدة على بين القطب A ويصل للصر عند النقطة B ويكون ميل محسى المولت سالبا بين اسطبين C و B أى أن الميل يتناقص بعد النقطة C ويكون صفرا عند النقطة D .

مقاربه الاشكال الموحه لكل من التيار [ ب ] والمولت [ د ] . نجد انه فى دوائر التيار المتردد المحتوية على مكثف : ينقسم التيار المتر فى المكثف عن الجهد بين طرفيه بزاوية مقدارها  $90^\circ$  . ويوضح شكل ٦ - ٤ [ هـ ] ميل العلاقة بين كل من التيار والجهد والمناظر لهذه الدائرة .

وتحدد قيمة التيار المار خلال المكثف بحاصية المكثف المعروفة بمفاعلة المكثف السعوية ويرمز لها بالرمز  $X_C$  حيث

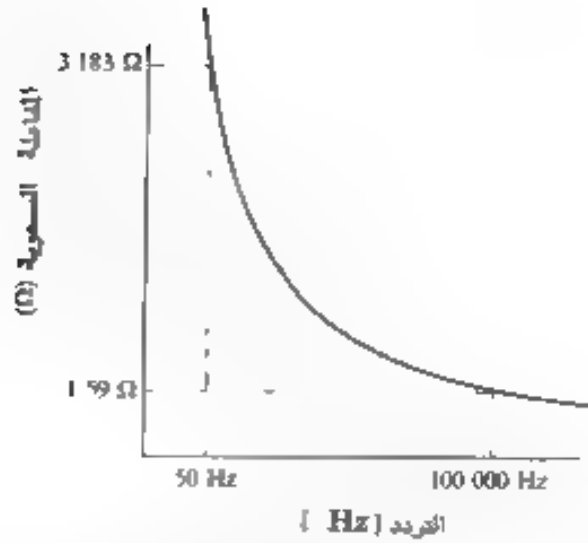
$$X_C = \frac{V}{I} = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C} \quad (\Omega \text{ in farads})$$

قيمة المفاعلة السعوية لمكثف سعته  $1 \mu F$  عند تردد قدره  $50 \text{ Hz}$  هي

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 1 \times 10^{-6}} = 3183 \Omega$$

وقيمة المفاعلة السعوية عند تردد قدره  $100 \text{ KHz}$  هي

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6}} = 1.59 \Omega$$

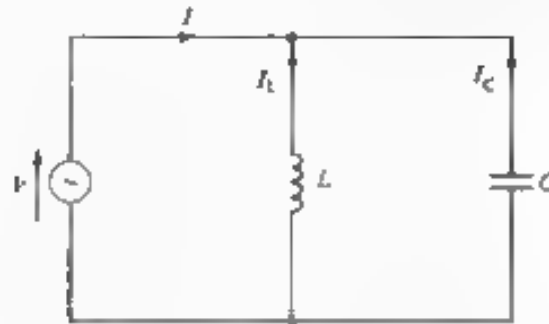


شكل ٦ - ٥ رسم يبين تغير مفاعلة السعة المكثف سعته  $1 \mu F$  مع التردد .

واضح ان المفاعلة السعوية تقتصر كلما ازداد التردد . يبين شكل ٦ - ٥ كيفية تغير مفاعلة المكثف مع التردد . وبالعالي فان قيمة التيار المسحوب بالمكثف عند التردد المنخفض تكون اقل من قيمته عند التردد المرتفع .

## ٦ - ٤ دوائر التوازي المكونة من LC

تستخدم دائرة التوازي المبينة في شكل ٦ - ٦ المكونة من LC مكتبة في النظم الالكترونية . في هذه الدائرة التيار الكلي المسحوب من المصدر  $I$



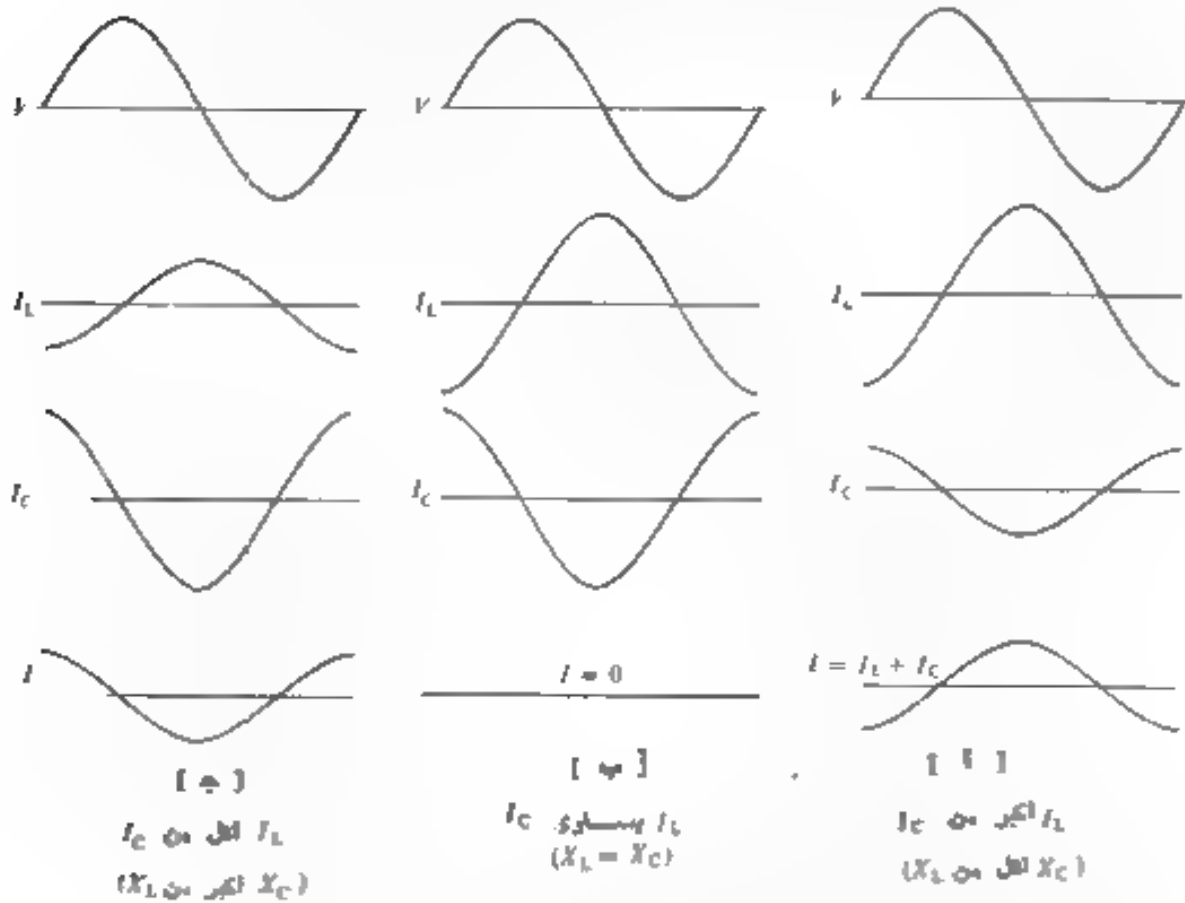
شكل ٦ - ٦ دائرة توازي مكونة من LC

يسلوي مجموعتي التيارين المعريين  $I_L$  و  $I_C$  . يوجد ثلاث حالات لطرق تشغيل هذه الدائرة هي :

- [ أ ]  $I_L$  اكبر من  $I_C$
- [ ب ]  $I_L$  يساوي  $I_C$  [ رنين توازي ]
- [ ج ]  $I_L$  اقل من  $I_C$



الشكل الموجية لهذه الحالات الثلاث معببة بشكل [ ٦ - ١ ] و [ ١ ] و [ ب ]  
و [ ج ] على الترتيب . والآن ، سناخذ في الاعتبار كل دائرة على حدة .



شكل ٦ - ٧ الشكل الموجية لدائرة التوازي عند قيم مختلفة لكل من  $X_L$  و  $X_C$

$I_L$  أكبر من  $I_C$  شكل [ ٦ - ٧ ] أ في هذه الحالة ، تكون قيمة مفاعلة الحث  $X_L$  أقل من مفاعلة المكثف  $X_C$  كما وضح في الإجراء السابق ، يحلف التيار  $I_L$  المار خلال الملف عن الجهد المسلط طرفيه بزاوية مقدارها  $90^\circ$  . بينما يتقدم التيار  $I_C$  المار خلال المكثف عن الجهد المسلط بين طرفيه بزاوية مقدارها  $90^\circ$  . بالتالي تصاد الأشكال الموجية لكل من  $I_L$  و  $I_C$  بعضها البعض [ اختلاف الطور  $180^\circ$  ] . ويساوي التيار  $I$  المسحوب بدائرة التوازي مجموع التيارين  $I_L$  و  $I_C$  وبالتالي سنستطيع الحصول على الشكل الموجي للتيار  $I$  بمجموع موجتي التيارين  $I_L$  و  $I_C$  عند زاوية طور مقدارها  $0^\circ$  ، فإن قيمة التيار  $I_L$  تكون سالبة وكبيرة وقيمة التيار  $I_C$  تكون صغيرة وموجبة وبالتالي قيمة التيار  $I$  تكون سالبة وأقل من  $I_L$  . عند زاوية مقدارها  $90^\circ$  تكون قيم كل من  $I_L$  و  $I_C$  صفرا وبالتالي تكون قيمة  $I$  صفرا . عند  $180^\circ$  ، تكون قيمة التيار  $I_L$  كبيرة وموجبة وتكون قيمة التيار  $I_C$  صغيرة وسالبة ونتيجة لذلك تكون

قيمة التيار  $I$  كبيرة وموجبة ولكن اقل من  $I_L$  . بمقارنة الشكل الموجي للتيار  $I$  بالشكل الموجي للتيار  $I_L$  نجد أن لتيارهما نفس زاوية الوجه [ الطور ] وكلاهما متأخر عن جهد المصدر بزاوية قدرها  $90^\circ$  . ومن الواضح أن التيار المسحوب بالدائرة تحت هذه الظروف يتخلف عن جهد المصدر بزاوية قدرها  $90^\circ$  وسدو دائرة القواري للمصدر وكأنها ملف محث .

$I_C$  تساوي  $I_L$  شكل ٦ - ٧ [ ب ] . عندما تكون قيم  $I_L$  و  $I_C$  متساوية فإن الاشكال الموجي تلمس بعضها البعض ولا يبد المصدر أي تيار للدائرة . ومن أول وهلة ، يبدو هذا القول غير مستساغ ، حيث أن التيار لابد أن يمر في كل من المكثف وملف المحث عند توصيل كل منهما لمصدر الجهد . وسيوضح هذا التناقض الظاهري فيما يلي :

عندما تكون الدائرة في حالة استقرار نجد أن المكثف يفرغ طاقته في الوقت الذي يحتزن ملف المحث طاقته والعكس بالعكس وبالتالي يحدث تبادل مستمر للطاقة أثناء عملية التبادل بالنسبة للدوائر التي لا تحتوي على أي مقاومة . وحيث أنه لا توجد طاقة مفقودة في مثل هذه الحالة ، فلا يمكن أن سحب أي قدرة [ أو شار ] من الدائرة الخارجية . وبالتالي فإن دائرة القواري المثالية والمكونة من LC عند الرنين تكفي دائرة مفتوحة ومن بعض الاحيان توصف بأنها دائرة ترشيب [ رنص ] حيث أنها ترنص تيار المصدر عند الرنين .

إذا كانت قيمة كل من  $I_L$  و  $I_C$  متساوية عند تردد ما في دائرة قواري معينة ، يعرف هذا التردد بتردد الرنين ويرمز له بالرمز  $f_0$  . عند هذا التردد تكون قيمة  $X_L$  تساوي قيمة  $X_C$  بحيث أن

$$X_L = X_C \quad \text{أو}$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} \quad \text{حيث}$$

$$4\pi^2 f_0^2 = 1/LC \quad \text{لذلك}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [ L \text{ بالهنري و } C \text{ بالفاراد } ]$$

وتصل دائرة التوازي المكونة من ملف محث مقدار  $1mH$  ومكثف سعته  $1mF$  لحالة الرنين عن تردد مقداره

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{[(1 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^{-6})]}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-9}}} \\ = 0.159 \times 10^6 \text{ Hz or } 159 \text{ kHz}$$

ولا توجد دائرة الرنين المثالية الماسقة ففي الحياة العملية حيث أن الملف والوصيلة المصاحبة لدائرة النوازي لها مقاومات مدمجة ونتيجة لذلك توجد طاقة مفقودة في الدائرة أثناء تبادل الطاقة بين  $L$  و  $C$  . وتذهب هذه الطاقة المفقودة لدائرة النوازي في صورة ميلر متكرر . يكون في المصاغة صغير القيمة . وللاستدلال على قيمته في دائرة ما يستعان برقم الاستحقاق للدائرة والذي يعرف بالمعامل  $Q$  أو عامل الجودة .

يجب أن تكون فيه معامل الجودة  $Q$  أكبر ما يمكن وهو يعطى النسبة بين التيار المسحوب من المصدر إلى التيار الدائر داخل دائرة النوازي في حالة الرنين .

$$I_C = I_L = Q \text{ المعامل}$$

تتراوح قيمة معامل الجودة  $Q$  للدوائر الرنانة عند المرددات اللاسلكية بين 50 إلى 250 وتعتبر الدوائر التي معامل حودتها حوالي 150 . مرتفعة الجودة . وبموجب الحصول على معامل الجودة أكبر من 50 في المرددات السعوية . لكن يكون معامل جودة مرتفع في الدائرة لابد أن تكون نسبة محالة الملف إلى المكثف [ النسبة  $L/C$  ] كبيرة القيمة .

وتستعمل دوائر النوازي المحتوية على  $LC$  بكثرة في مكبرات الموائف التي تتعرض في الباب ١١ وتستعمل أيضا في بعض المتنبضات .

—  $I_L$  أقل من  $I_C$  شكل ٦ - ٧ [ ج ] . في هذه الحالة يكون التيار المار في فرع المكثف أكبر من التيار المار في فرع ملف الحث . والسبب النهائي هو أن الدائرة تسحب تيارا متغيرا عن مصدر الجهد بزاوية مقدارها  $90^\circ$  .

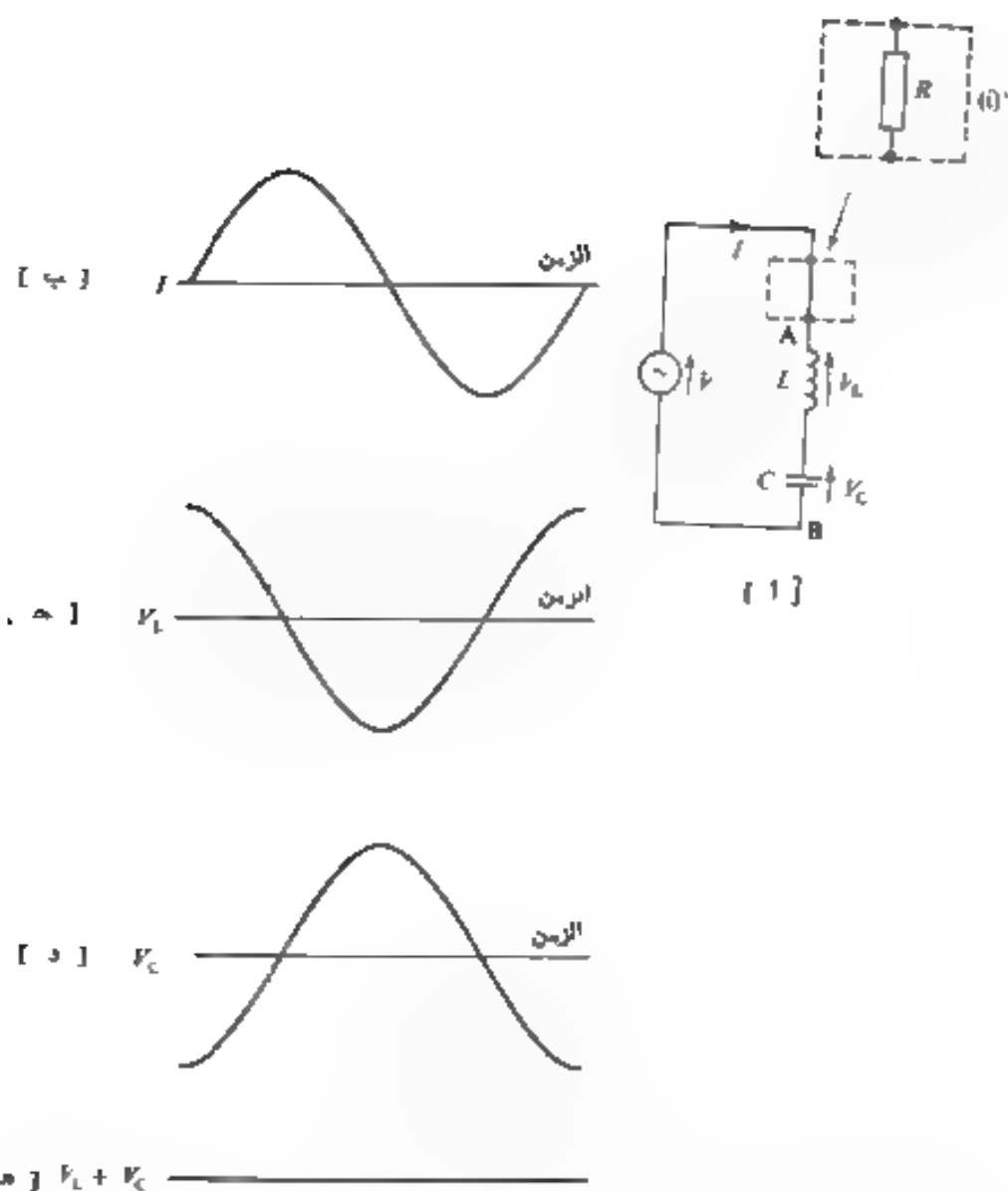
## ٦ - ٥ دائرة الرنين المتصلة على التوالي

يحدث الرنين في دائرة التوالي بطريقة متشابهة للتي تحدث في دائرة التوازي . بمعنى آخر أن الدائرة تكون رنانة عندما تكون قيمة مفاعلة الحث مساوية لمفاعلة المكثف أي أن  $X_L = X_C$  . وبالتالي فل تردد الرنين لكل من دائرة التوالي والتوازي يكون

$$f_0 = 1/[2\pi\sqrt{LC}] \text{ Hz}$$

كما ورد سابقا ، فل تردد الرنين لدائرة توالي تحتوي على ملف ذي محالة مقدارها 1 mH ومكثف سعته 1 M F هي 159 k Hz .

يوضح الشكل ٦ - ٨ [ أ ] دائرة رنين متصلة على التوالي ولا تحتوي أي مقاومات مع الإشكال الموجبة المصاحبة لها من [ ب ] إلى [ هـ ] فادا ما كانت مكونات الدائرة مثالية

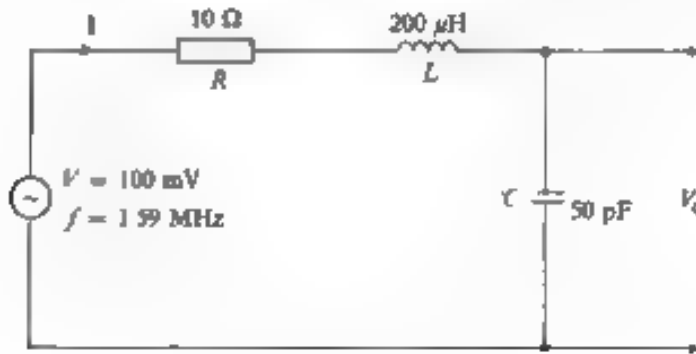


شكل ٦ - أ دائرة الرنين المتوازية LC

فإن الجهد بين طرفي الملف  $V_L$  متقدم التيار المار براوية قدرها  $90^\circ$  بينما يتخلف الجهد بين طرفي المكثف  $V_C$  عن التيار المار بزاوية مقدارها  $90^\circ$  تتساوى مفاعلة كل من الملف والمكثف عند حالة الرنين ويمر بكل منهما نفس التيار . وبناء عليه ، يتساوى الجهد بين طرفي كل من ملف المحث والمكثف ويضاد كل منهما الآخر . [ انظر الشكل ٦ - د ، هـ ] ونحصل على فرق الجهد الكلي بين طرفي الدائرة بجمع الشكلين الموجبين للجهدين  $V_L$  و  $V_C$  كما هو موضح بالشكل ٦ - أ [ هـ ] . وبمعنى آخر يصبح فرق الجهد بين النقطتين A و B في شكل ٦ - أ [ ١ ] في حالة الرنين .

مسلوبيا للصفر . وهكذا فإن دائرة  $L$   $C$  على التوالي ، المثالية تكافئ دائرة في حالة قصر .

وخلاصة القول ، أن تيارا في غاية الشدة يمر في حالة الرنين . ومن الناحية العملية ،الدائرة لها مقاومة ما مقدارها  $R$  يمكن السماح بإدراجها في الوصف (i) في الدائرة بالشكل ٦ - ٨ [ ١ ] وهذه المقاومة بالذات هي التي تحد من قيمة التيار المسحوب من المصدر لتصبح قيمته دائما  $V/R$  أمبير . في حالة الرنين وتسمى دوائر الرنين ، المتصلة على التوالي ، أحيانا بالدائرة المقننة لأنها تتقبل أكثر قيمة تيار ممكن من المصدر في حالة الرنين .



شكل ٦ - ٩ دائرة القابل المتكبر

فإذا اعتبرنا دائرة التوالي الموضحة بالشكل ٦ - ٩ . ونصبح الدائرة في حالة رنين عند تردد قدره .

$$f_0 = 1/[2\pi\sqrt{LC}] = 1/[2\pi \times \sqrt{(200 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^{-12})}] \\ = 1/[2\pi \times \sqrt{10^{-14}}] = 1.59 \times 10^6 \text{ Hz or } 1.59 \text{ MHz}$$

عند هذا التردد

$$X_L = 2\pi f_0 L = 2\pi \times 1.59 \times 10^6 \times 200 \times 10^{-6} = 2000 \Omega$$

$$X_C = 1/2\pi f_0 C = 1/(2\pi \times 1.59 \times 10^6 \times 50 \times 10^{-12}) = 2000 \Omega$$

وفي حالة الرنين تحدد شدة التيار المار في الدائرة بقيمة مقاومة الدائرة وحدها وتكون قيمته

$$I = V/R = 100 \times 10^{-3}/10 = 10 \times 10^{-3} \text{ A or } 10 \text{ mA}$$

ويصبح الجهد بين طرفي ملف المحلة

$$V_L = IX_L = 10 \times 10^{-3} \times 2000 = 20 \text{ V}$$

ويكون الجهد بين طرفي المكثف

$$V_C = IX_C = 10 \times 10^{-3} \times 2000 = 20 \text{ V}$$

وحيث أن قيمه جهد المصدر تبلغ  $0.1V$  فقط ، فلنأخذ أن الجهد بين طرفي كل من الملف والمكثف  $L$  و  $C$  في حالة الرنين ، أكبر من جهد المصدر بمعامل قدره  $200/0.1 = 200$  مرة ويبلغ الجهد بين طرفي كل من الملف والمكثف قيمة أقل بكثير من هذه القيمة .

ويعطي معامل الجودة  $Q$  لدائرة التوالي معلومات حول تكبير الجهد الناتج بالدائرة كالآتي :

$$\text{معامل الجودة } Q = \frac{\text{الجهد بين طرفي } L \text{ أو } C}{\text{جهد المصدر}} = \frac{1}{2\pi f_0 CR} = \frac{2\pi f_0 L}{R}$$

بنطبق القيم الخاصة بالدائرة الموضحة في شكل ٦ - ٨ نحصل على :

$$\text{معامل الجودة } Q = 2000/10 = 200 = 2\pi f_0 L/R$$

## ٦ - ٦ مقارنة بين رنين دوائر التوازي ورنين دوائر التوالي

يوضح الجدول التالي الخصائص الرئيسية والاحتلافات الجوهرية بين نوعي دوائر الرنين .

رنين دوائر التوالي	رنين دوائر التوازي	
المساوقة لسريان التيار	كبيرة	التيار المسحوب من المصدر
التيار المسحوب من المصدر	قليل	التيار المسحوب من المصدر
التيار المسحوب من المصدر	وأفضل	التيار المسحوب من المصدر
التيار المسحوب من المصدر	التيار	التيار المسحوب من المصدر

## ٦ - ٧ معاوقة دوائر التيار المتردد

معاوقة الدائرة الكهربائية ما هي إلا المحصلة النهائية لما يعترض سريان التيار ويرمز لها بالرمز  $Z$  . لذلك

$$Z = \frac{V}{I} \Omega$$

حيث  $V$  هي الجهد التريبي للتيمة المتوسطة لربع الجهد المسلط بين طرفي الدائرة و  $I$  الجهد التريبي للتيمة المتوسطة لربع التيار وتكون %

معاوقة الدائرة نتيجة لتأثير كل من المقاومة ومعاوقة الحث والمعاوقة السعوية . وفي حالة دائرة متصلة على التوالي بمطى المعاوقة بالمعادلة .

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

كمثال ، إذا اتحدت دائرة متصلة على التوالي القيم

$$V = 20 \text{ mV} \text{ و } R = 50 \Omega \text{ و } X_C = 200 \Omega \text{ و } X_L = 1000 \Omega$$

$$Z = \sqrt{50^2 + (1000 - 200)^2} = 802 \Omega$$

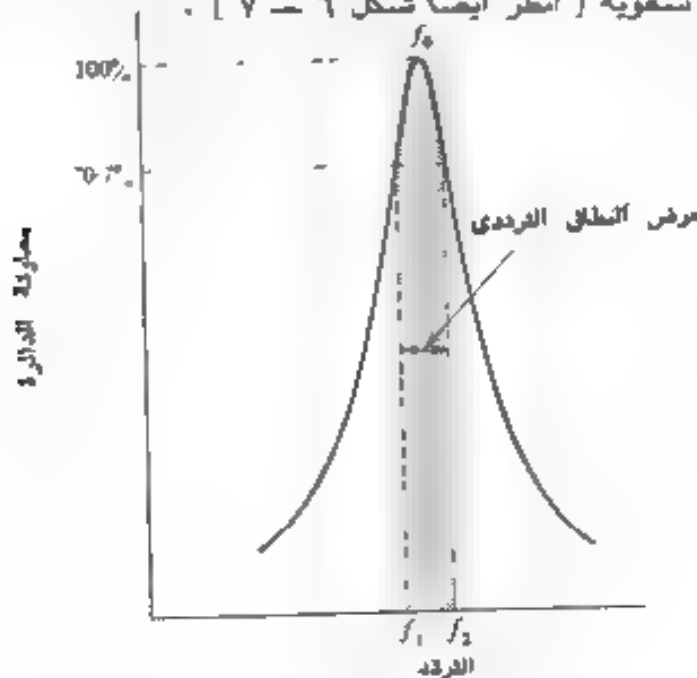
لأن

$$I = V/Z = 20 \times 10^{-3}/802 = 0.025 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.025 \text{ mA or } 25 \mu\text{A} \text{ و}$$

## ٦ - ٨ عرض النطاق الترددي لدائرة رنين

يوصف عرض النطاق الترددي لدائرة رنين كطلي و مدى الترددات الذي يمكن أن تستجيب له الدائرة .

يبين شكل [ ٦ - ١٠ ] تغير معاوقة دائرة التوالي مع التردد . عند تردد أقل من القيمة من تردد الرنين ، تكون معاوقة الدائرة عبارة عن معاوقة حثية ( انظر أيضا شكل [ ٦ - ٧ ] . وكلما ازداد التردد ازدادت قيمة المعاوقة أيضا حتى تصل إلى أكبر قيمة لها عند تردد الرنين  $f_0$  . عند هذا التردد يكون سلوك الدائرة كما لو أنها مقاومة بحتة . وعند ازدياد تردد المصدر أكثر من ذلك تنحصر قيمة المعاوقة ويصبح سلوك الدائرة كما لو أنها سعوية ( انظر أيضا شكل [ ٦ - ٧ ] .



شكل ٦ - ١٠ عرض الاستجابة لدائرة توازي

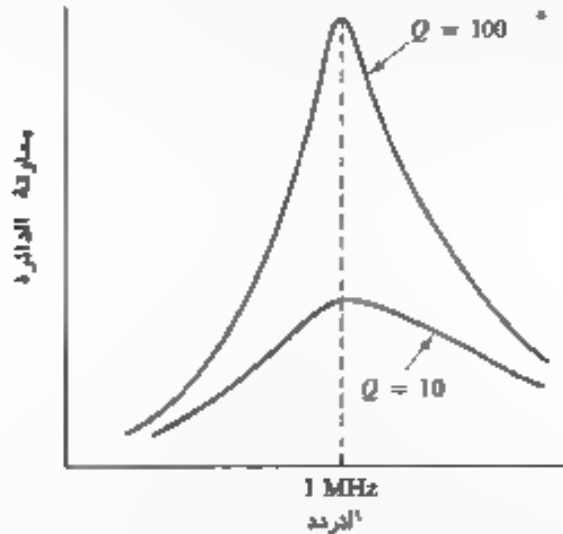
عرض النطاق الترددي لدائرة مواري [ انظر شكل ٦ - ١٠ ] هو نطاق الترددات التي تكون فيها معاوقه الدائرة اكبر من 70.7% من قيمه العظمى . ويمثل انحراف  $f_1$  في شكل [ ٦ - ١٠ ] قيمة التردد المنخفض والتي يصبح عندها قيمة المعاوقه مساوية لـ 70.7% من قيمة المعاوقه في حالة الرنين ، وتعرف بتردد القطع المنخفض ، ويمثل التردد  $f_2$  قيمه تردد القطع المرتفع والتي تصبح عندها قيمة المعاوقه مساوية لـ 70.7% من قيمتها في حالة الرنين .  
عرض النطاق الترددي B للدائرة هو

$$B = f_2 - f_1 \text{ Hz}$$

ويمعنى عرض النطاق الترددي للدائرة ايضا بالمعلاقة

$$B = \frac{f_0}{Q} \text{ Hz}$$

حيث Q هو معامل الحوده لدائرة الموازي . اذا ما بلغ تردد الرنين لدائرة توازي بمقدار 1 MHz وكان معامل الحوده لها 100 فان عرض نطاقها الترددي يبلغ .



شكل ٦ - ١١ بيان العلاقة بين المعامل والقياس لدائرة ترددية من وجه واحد

الحصول على احسن انتقاء من دائرة ذات معامل جودة مرتفع

تكون ترددات القطع المنخفضة والمرتفعة في هذه الحالة حوالي 9.95 kHz و 10.05 kHz على الترتيب وبالسعة لدائرة رنين توازي لها نفس تردد الرنين السابق ولكن قيمة معامل الحوده لها هو 10 يكون عرض النطاق الترددي لها هو  $1000000/10 = 100000 \text{ Hz}$  او 100 kHz . ويوضح شكل ٦ - ١١ منحنيات استجابة التردد لهاتين الدائرتين ، حيث نحصل على احسن انتقاء من الدائرة ذات معامل الجودة المرتفع .



## ٦ - ١ القدرة المستهلكة في دائرة تيار متردد

في دائرة ترددية من وجه واحد ، يوضح الشكل ٦ - ١٢ بيان العلاقة بين الجهد والتيار ، حيث تفصل بينهما زاوية طور  $\phi$  . وتعطى القدرة المستهلكة في الدائرة بالعلاقة .

القدرة =  $P$  = المولت  $\times$  مركبة التيار المتطابقة المولت

$$V \times I \cos \phi =$$

حيث  $\phi$  هو جيب تمام الزاوية التي بين  $V$  و  $I$



شكل ٦ - ١٢ . بيان العلاقة بين الجهد والتيار لدائرة ترددية ذات طور واحد

وسين الجدول ١ - ٦ تأثير قيمه زاوية الطور على القدرة المستهلكة في الدائرة والتي تسحب تياراً قدره 5A من مصدر جهد 240 V .

جدول ١ - ٦ تأثير زاوية الطور على القدرة المستهلكة

الطاقة المستهلكة $V I \cos \phi$ وات $= 240 \times 5 \times \cos \phi = 1200 \cos \phi$	$\cos \phi$	زاوية الطور $\phi$
1200	1.0	0°
1039	0.866	30°
600	0.5	60°
0	0	90°

يوضح الجدول ان القدرة المستهلكة تقل تدريجياً كلما اردت زاوية الطور [ زاوية الطور يمكن في الحقيقة ان تكون متقدمة أو متخلقة ] من صفر الى 90° ولا توجد قدرة مستهلكة عندما تكون زاوية الطور 90° .

وتعرف القيمة  $\cos \phi$  بمعامل القدرة للدائرة وتعطى بالمعادلة

القدرة المستهلكة بالموات

$$\text{معامل القدرة} = \cos \phi = \frac{\text{القدرة المستهلكة بالموات}}{\text{المولت} = \text{امبير المستهلكة}}$$

ويوصف استهلاك الفولت - امبير (VA) في الدائرة بأنها باستهلاك القدرة الظاهرة . وتمثل وحدات الوات المستهلكة القدرة الحقيقية او القدرة الفعالة المستهلكة . وتعنى المصية المرتفعة لمعامل القدرة أن جزءا كبيرا من استهلاك الـ VA ، قد تم الانتفاع به في الدائرة .

## ٦-١٠ الديسيبل

كسب الجهد هو رقم استحقاق مهم للمكبر الالكتروني وتبلغ القيمة العددية لكسب الجهد للمكبر داخل الصندوق الاسود بالشكل ( ٦ - ١٣ ) .

$$\text{كسب الجهد} = A_v = \frac{\text{قيمة جهد الخرج}}{\text{قيمة جهد الدخل}} = \frac{V_2}{V_1}$$

فإذا كانت قيمة  $V_1$  هي  $10 \text{ m V r.m.s}$  وقيمة  $V_2$  هي  $1 \text{ V r.m.s}$  ،  
اذن قيمة كسب الجهد هي

$$A_v = V_2/V_1 = 1/10 \times 10^{-2} = 100$$



شكل ٦ - ١٣ رسم تخطيطي للمكبر

وفي تطبيقات الكترونية كثيرة، يعبر عن كسب الجهد في شكل لوغاريتمى وتكون وحدته الديسيبل [سمي باسم بعد العالم (Alexander Graham Bell) ويرمز لها بوحدة الـ dB] . يعبر عن كسب الجهد للمكبر بنسبة لوغاريتمية كما على :

$$\text{كسب الجهد بالديسيبل} = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} \text{ dB} = 20 \log_{10} A_v$$

حيث  $\log_{10} A_v$  هو لوغاريتم للاساس 10 [ اللوغاريتم الشائع ] للقيمة  $A_v$  . فإذا بلغت القيمة العددية لكسب  $A_v$  مقدار 100 فإن كسب الجهد للمكبر بالديسيبل هو

$$20 \log_{10} 100 = 20 \times 2 = 40 \text{ dB}$$

أما اذا كانت قيمة  $A_v$  هي الوحدة فإن كسب الجهد اللوغاريتمى

$$20 \log_{10} 1 = 20 \times 0 = 0 \text{ dB}$$

اذا ، كسب الجهد الذي قيمته صفر يعنى انه لا يوجد تغير فى مستوى الجهد بين محل وخرج المكبر [ أى أن  $V_2 = V_1$  ]

اذا كانت قيمة  $A_v$  اقل من الواحد [  $V_2$  اقل من  $V_1$  ] فيمكن حساب القيمة اللوغاريتمية لكسب المولت كالآتى :

$$\begin{aligned} \text{كسب الجهد بالديسيبل} &= 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} \\ &= 20 \log_{10} \left( \frac{1}{V_2/V_1} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{1}{0.1} \right) \end{aligned}$$

كمثال . اذا كان  $V_2 = 0.02 \text{ V}$  و  $V_1 = 0.2 \text{ V}$  ، فـ  $V_2/V_1 = 0.02/0.2 = 0.1$

وتأخذ القيمة اللوغاريتمية لكسب المولت القيمة التالية :

$$-20 \log_{10} \frac{1}{0.1} = 20 \log_{10} 10 = -20 \times 1 = -20 \text{ dB}$$

ونقل قيمة كسب الجهد الحدية عن الوحدة لانواع معينة من المكبرات مثل دوائر باع الجهد كما سيوضح فى الفصلين الثالث عشر والرابع عشر. وهناك بعض الانواع الاخرى من الدوائر ، مثل خطوط الارسال وشبكات اصمحلال المولت [ تعرف بالموهومات ] يكون كسب الجهد لها ايضا اقل من الواحد .

وتعطى الاشارة لحسابية التى يملكها القية اللوغاريتمية لكسب الجهد المعلومات الآتية ،

**اشارته موجبة** : القيمة المدخلة لكسب الجهد تكون اكر من الواحد

**اشارته سالبة** : القيمة المدخلة لكسب الجهد تكون اقل من الواحد

اذا طعت القيمة اللوغاريتمية لكسب الجهد صفرا فان القيمة المدخلة لكسب الجهد تكون واحداً .

## الفصل السابع

### المحولات

المحول هو نبيطة لتحويل القدرة المتغيرة أو المتقطعة ، عن طريق الحث الكهرومغناطيسى من مستوى معين لمستوى آخر ، سواء بالنسبة للجهود أو التيار . ولاشك ان القارئ على دراية باستخدام المحولات في شحكات القوى الكهربائية وعلى مستويات عالمة من الجهد والقدرة . وسيعرض في هذا الكتاب بصفة مبدئية للمحولات المستخدمة في التطبيقات الالكترونية والتي لها قدرة مقسمة تتراوح ما بين الواط الواحد الى بضع وحدات من الواط .

#### ٧-١ فكرة عمل المحول

يتكون المحول من عدد من الملفات المملوءة على قلب مغناطيسى مشترك ، وتتواصل هذه الملفات عن طريق الفيض المغناطيسى التبادلى [ المشترك ] . ويعرف الملفات المتقارنة مغناطيسيا بهذه الطريقة ، بالتقارب السادى . ولكي يستحث الفيض المغناطيسى ق.د.ك فى الملف ، فلا بد ان يكون الفيض متغيرا مع الزمن . وادا ما احدث هذا الفيض المتغير بواسطة ملف آخر متقارن تبادليا مع الملف الاول فان المعادلة التى تربط ، قيمة الـ ق.د.ك التبادلية والمستحثة ، مع معدل تغير الفيض التبادلى هي :

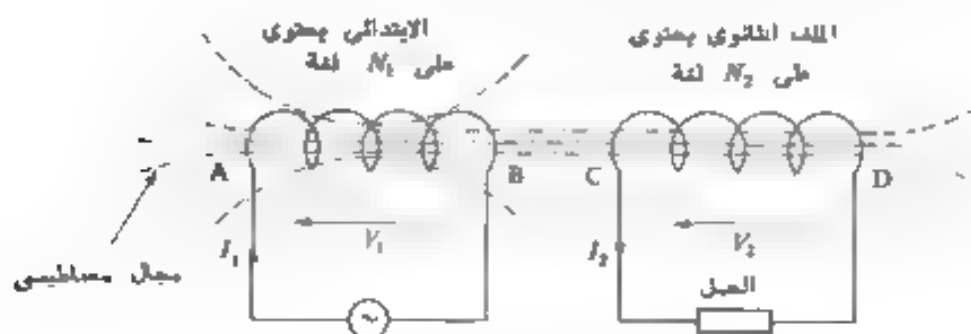
$$e = N \times \frac{d\Phi}{dt}$$

حيث  $N$  عدد لفات الملف المستحث بها الـ ق.د.ك و  $\Phi$  الفيض المغناطيسى المترابط مع الملف ،  $d\Phi/dt$  هي الطريقة المختصرة للتعبير عن معدل تغير الفيض المتواصل .

فاذا تغير الفيض المغناطيسى المصاحب لملف عدد لفاته 1000 لفة بمعدل 0.04 ويبر لكل ثاتيه ، فان قيمة الـ ق.د.ك التبادلية المستحثة بالملف هي :

$$e = 1000 \times 0.04 = 40 \text{ V}$$

فإذا كانت قيمة الفيض الموصل مع الملف لها قيمة ثابتة ، أى أنها لا سمير ، فإن قيمة الجهد السادلي المسحث فى الملف تصبح صفرا .  
وموضح شكل ٧ - ١ محول ذو ملفين ، ملف ابتدائي موصل بمصدر القدرة أو مصدر إشارة الدخل .



شكل ٧ - ١ أساس المحول

[ نذكر أننا نتعامل فى علم الإلكترونيات مع مستويات من القدرة فى حدود المئى وات فقط ] ، هذا ويوصل الحمل بالملف الثانوي . ولكى يمكن نقل القدرة بين الملفين ، ملائمة أن يتغير الفيض المغناطيسى بطريقة أو أخرى وبصفة مستمرة حتى تستحث ق.د.ك فى الملف الثانوي . ولا يستلزم الأمر أن يكون ، الشكل الموحى للجهود المسلط على الملف الابتدائي حيبيا [ وندرا ما يكون حيبيا فى الدوائر الإلكترونية ] ولكن من الأنسب من شرحنا أن نعرض موجة جيبية .

عند تسليط جهد حيبى على ملفات المحول الابتدائي ، نجد أن الشكل الموحى للجهود المسحث فى الملف الثانوي يشع نفس الشكل الحسى . ويعتمد بيان العلاقة بين جهدي الملف الابتدائي والثانوي على تركيب وتوصيلات الملف . مثلا ، من الممكن أن تكون ق.د.ك للملف الثانوي ، بين القطبين C و D شكل ٧ - ١ ، فى نفس أو عكس اتجاه جهدي الملف الابتدائي بين القطبين A و B وكثيرا ما يستخدم المحول كتسبلة عازلة بين دائرتين فى الدوائر الإلكترونية ، عندما تكون زاوية الطور بين الجهود ليست ذات أهمية . وفى حالات أخرى مثل حلة استغذية المرندة والمفندسات [ انظر الفصل ١٢ ] ، تكون معرفة زاوية الطور بين الجهدين الابتدائي والثانوي ذات أهمية بالغة .

عند شرح عمل المحولات فإنه توجد أرقام استحقاق ذات أهمية مثل النسبة بين عدد اللفات والنسبة بين الجهدين كما مستأقش فيما يلى  
**نسبة اللفات** : أن القاعدة الرئيسية لفكرة عمل المحول التبدوي هي أنه عند توصيل الملف الثانوي للحمل ، فإن كلا من الملفات الابتدائية والثانوية تعطى نفس العدد من الأمبير - لفه . لذلك

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \text{ لفة - أمبير}$$

حيث  $N_1$  و  $N_2$  عدد لفات الملف الابتدائي والثانوي على التوالي و  $I_1$  و  $I_2$  قيم الجذر التربيعي لمربع القيم المتوسطة للتيارات . ومن الملاحظة العملية يجب أن يكون الأمبير — لفة للملف الابتدائي أكثر من الأمبير — لفة للملف الثانوي لأنه يحمل التيار المغنط للمحول بالإضافة إلى مد الطاقة التي يستهلكها الملف الثانوي .

نسبة لفات المحول هي نسبة عدد لفات الملف الثانوي إلى عدد لفات الملف الابتدائي .

$$\text{نسبة اللفات} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (٧-١)$$

إذا كانت نسبة الملفات أقل من الواحد يعرف المحول بمحول خفض الجهد أما إذا كانت نسبة اللفات أكبر من الواحد ، فيعرف المحول بمحول رفع الجهد .

**نسبة الجهد :** المحول النموذجي لا يسرب أي طاقة وتكون كفاءته ١٠٠٪ وفي هذه الحالة تسوى الطاقة المعطاة بالملف الابتدائي ما يستهلكه الحمل من طاقة أي أن

$$V_1 I_1 \cos \phi_1 = V_2 I_2 \cos \phi_2$$

مرة أخرى ، بالنسبة للمحول النموذجي ، ويكون

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

(٧-٢)

أو

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

ومن ضمن مواصفات محول القوى الكهربائية ، هناك خاصية تتضمن كفاءة القدرة التقديرية [المقاسة] له بالأمبير فولتوليس بالوات . وهذه الطريقة لتوصيف القدرة التقديرية تضع حدا أعلى لقيمة التيار الذي يمكن سحبه من المحول بنظر من معادل قدرة الحمل . وهكذا ، فإن المحول المقنن 10 VA وتقييم الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع الجهد الثانوي 0 V r.m.s يمكن أن تعطى أكبر تيار مقداره 1 A عند أي معادل قدره .

**المعادلة العامة للمحول :** بربط المعادلات [٧-١ و ٧-٢] ينتج

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (٧-٣)$$

من المعادلة السابقة يمكن استنتاج

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

أي أن عدد وحدات الفولت لكل لفه ، تتساوى للملفين الابتدائي والثانوي وحتى إذا احتوى المحول على بضع لفات ثلثوية ، على العلاقة السابقة فمعتبر صحيحة ، حيث أن عدد وحدات الفولت لكل لفه هو رقم ثابت لكل من الملفين .

**مثال ٧ - ١ :** محول جهد يستخدم مع عدد من المعدات الإلكترونية ، يعمل عند 350 V r.m.s فإذا كان جهد الملف الثانوي مقداره 350 V r.m.s

وكان عدد لفات الملف الابتدائي ٢٠٠ لفه ، احسب عدد لفات الملف الثانوي  
الحل باستخدام المعادلة [ ٧ - ٣ ] ، نجد أن

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

أو

$$\frac{N_2}{200} = \frac{350}{250}$$

إذن

لغة

$$N_2 = \frac{350}{250} \times 200 = 280$$

لاحظ أن للمحول نسبة رفع قيمتها 350/250 = 1.4

**مثال ٧ - ٢ :** إذا أعطى المحول المذكور في المثال [ ٧ - ١ ] تياراً ثانوياً قيمته 100 mA .

احسب قيمة التيار الابتدائي مع أعمال القدرة المفقودة في المحول .

**الحل :** مرة أخرى ، باستخدام المعادلة [ ٧ - ٣ ]

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

أو

$$\frac{350}{250} = \frac{I_1}{100}$$

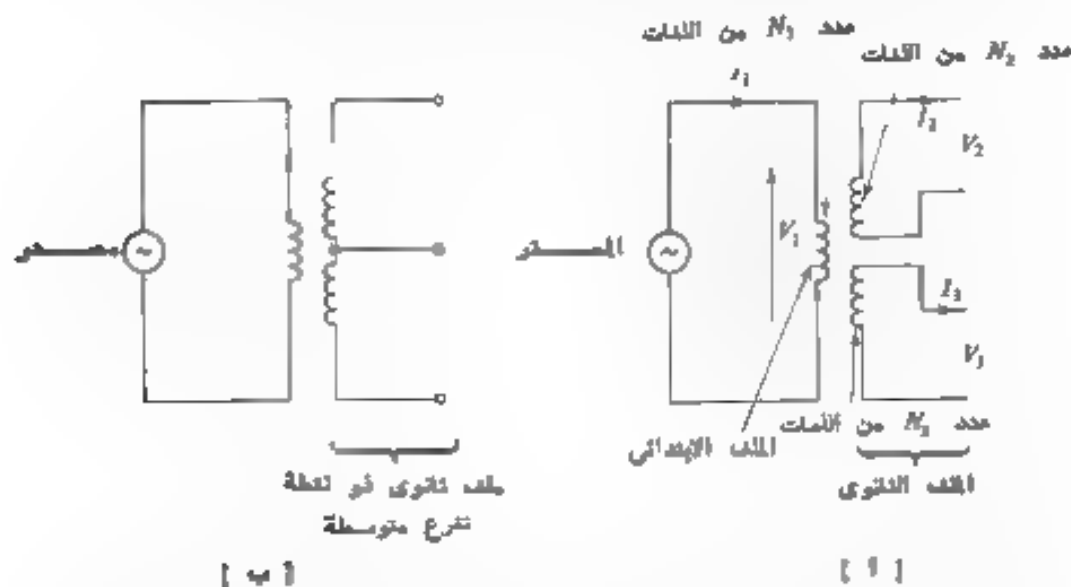
بتعديل موضع المعادلة لإيجاد

$$I_1 = 100 \times \frac{350}{250} = 140 \text{ mA}$$

ولملاحظ انه بينما يكون المحول نسبة رفع للجهد ، فإن له نسبة خفض للتيار من 140 mA الى 100 mA . وفي الحقيقة ، فإن قيمة التيار الابتدائي اكبر من القيمة المحسوبة حيث أن الملف الابتدائي يحمل أيضا التيار المغنط .

## ٧ - ٢ المحولات متعددة الملفات والمحولات ذات نقطة التفرع المتوسطة

تستلزم تطبيقات كثيرة في الالكترونيات ، استخدام المحولات متعددة الملفات ، والمحولات ذات نقطة التفرع المتوسطة .



شكل ٧ - ٢ - ١ محول متعدد الملفات [ أ ] محول نقطة تفرع متوسطة [ ب ]

يوضح شكل [ ٧ - ٢ ] الرسم التخطيطي لمحول ذي ملفين ثانويين . ويستخدم مثل هذا النوع من المحولات عندما نحتاج إلى مصدرين مختلفين للجهد ومنفصلين كهربائياً . ويمكن استخدامه أيضاً مع مولد النبضات من النوع الذي سيوضح في الفصل ١٣ والذي يستعمل لتشغيل الدوائر الموادية المكون من ثايرستور أو ثرايك [ تفصيلات هذا الجزء في الفصل ١٥ ] . وحيث أن الملف الابتدائي يغذي جميع الملفات الثانوية فإن تقنين الفولت - أمبير للمحول يعطى بحاصل جمع تقنين الفولت - أمبير لجميع الملفات الثانوية . أي أن

$$V_3 I_3 + V_2 I_2 = V_1 I_1 = \text{المحول (VA) الفولت - أمبير}$$

إذا كان حاصل ضرب الفولت - أمبير المعطى بالملفات الثانوية هي 10 و 4.3 فولت أمبير على الترتيب ، فإن تقنين الفولت - أمبير للمحول [ باعتماد الفقد في المحول ] هو 14.3 VA . وعلاوة على ذلك ،



حيث أن عدد وحدات العولت لكل لفة هو رقم ثابت بالنسبة لكل ملف ، فإن

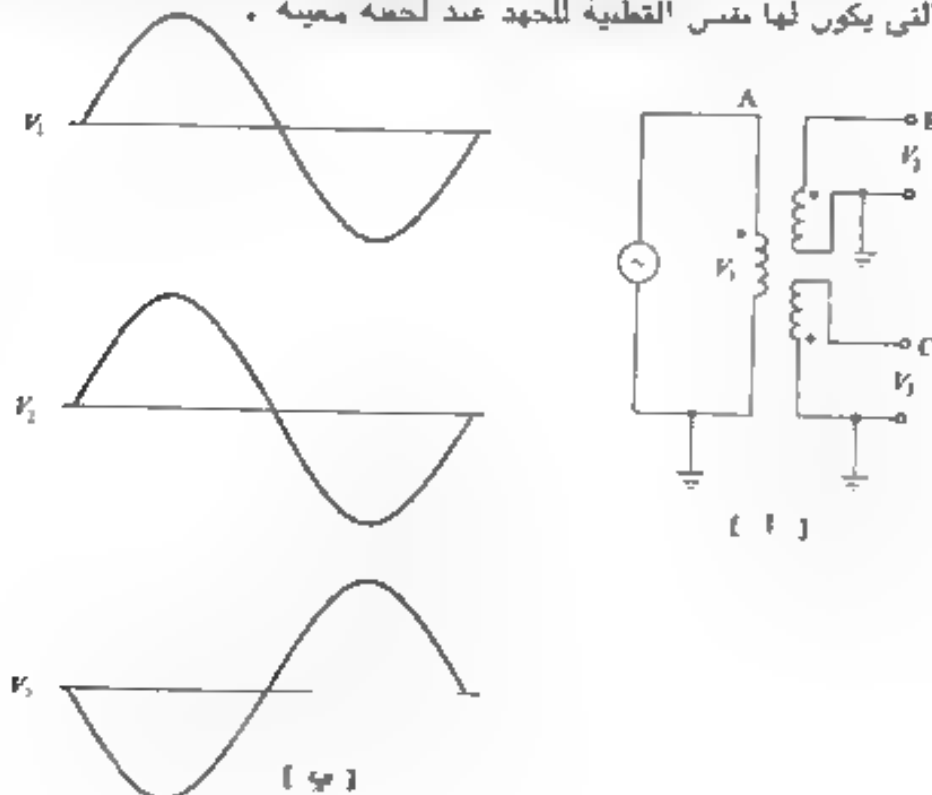
$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} = \frac{V_3}{N_3}$$

يستخدم الملف ذو نقطه التمرع المتوسطه ، شكل ٧ - ٢ [ ب ] ، مكررة مع مصادر القدرة التي تعدى دوائر الوحيد [ التقويم ] [ نظر الفصل ٨ ] كما تستخدم أيضا في كثير من دوائر اللاسلكى والتليفزيون والمحرك الالى ، ودوائر الاتصال ، ويتساوى جهد الملفين للتقويين في معظم الحالات ، بحيث تتحدد نسبة الملفات ، بين الملف الابتدائى وكل من الملفين الثانويين ، نفس القيمة .

فالذا بلغت قيمة هذه النسبة مثلا 1.4 ، فإن جهد المحول يوصف بنسبة (1.4+1.4) : 1 ويكون جهد الحرج له 350-0-350 V اذا كان جهده الابتدائى قيمته 250 V .

**علامة النقطة للـ . ق.د.ك المسحقة التبادلية :** من المعروف فيه ، ان نستطيع بيان العلاقة بين الجهود المسحقة في ملفات المحول فوق الاشكال التخطيطية للدوائر الكهربائية .

ويوضح شكل ٧ - ٢ احدى الطرق التى تظهر هذه المعلومات وتعرف باسم علامة النقطة ومن هذه الطريقة ، يوضح نقطة عند نهاية الملفات التى يكون لها نفس القطبية للجهود عند لحظة معينة .



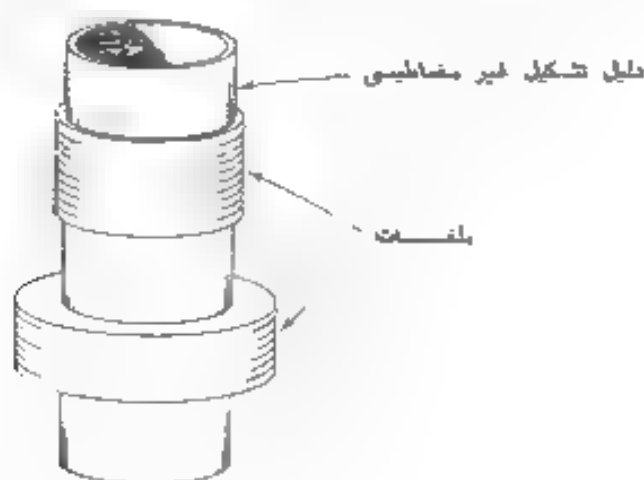
شكل ٧ - ٢ رمز النقطة للجهود المسحقة

فصديا تكون قطبية نهاية الملف الابتدائي شكل ٧ - ٣ [ ١ ] ، المبرر بالقطعة ، موجبة عند لحظة معينة ، فان جميع نهايات الملفات الثانوية المبرر بالقطر ، يكون موجبه بالمثل عند نفس اللحظة . فلذا كان الطرف A من لحظة معينة من الزمن موجبا بالنسبة الى الارض فان جهد الطرف B يكون موجبا بالمثل ، أما الطرف C فيكون سالبا ونعني آخر ، فان  $V_2$  يتحدد نفس اتجاه  $V_1$  بينما يتحدد  $V_3$  عكس اتجاه  $V_1$  .

## ٧-٣ أنواع المحولات

يمكن تصنيف المحولات المستخدمة في الدوائر الالكترونية الى نوعين هما محولات القلب الهوائي ومحولات القلب الحديدي . يشمل النوع الاخير ايضا المحولات ذات قلوب فريتية [ ١ ] .

**محولات القلب الهوائي :** تلف الملفات في هذا النوع من المحولات حول دليل تشكيل غير مغناطيسي . ويوضح شكل ٧ - ٤ واحدا من انواع المحولات الشائعة دوات القلب الهوائي ويعمل على تردد اللاسلكي .



شكل ٧ - ٤ محول له قلب هوائي يعمل على تردد اللاسلكي

ولا تستعمل محولات القلب الهوائي كاسطه لمحولات القدرة حيث تتسرب كمية كبيرة من المغناطيسية من بين الملفات ويتواصل مع الملف الثانوي ، قدر ضئيل جدا من الفيض المغناطيسي الناتج من الملف الابتدائي . ومع ذلك ستحتج هذه المحولات بكثرة في دوائر الموائفة بمعدات الراديو والتلفزيون واجهزة الاتصالات . وتعطى هذه المحولات درجة انتقاء عالية محد عرض معين من النطاق الترددي .

**محولات القلب الحديدي :** وتنقسم هذه المجموعة من علم الالكترونيات الى ثلاثة اقسام مرعيه هي محولات مصدر اقدره ومحولات التردد السعوي والمحولات البضعية .

ويكون محولات مصدر القدرة ثلوث حديدية تردد بالهواء ويصل تقريبا الى حوالي 1000 VA عند تردد المصدر . وبوصح شكل ١ ٧ - ٥ [ الرموز المستخدمة لدوائر محولات القلب الحديدي والقلب الفريمي . ويكون لهذه المحولات من بعض الاحيان ملف ثانوي ذو نقطه مفرع متوسطة مع ملفات ثانوية اخرى بعض سيمبالاات مصادر القدرة المساعدة . وفي بعض المشات يحتم عمل النظم الالكترونيه عملا كهربائيا نائما عن المصدر الاساسي وذلك لدواعي الامن ، وكمثال ، مصصده للاحصار في ورشة تصلح التليفزيون . ويرتفع تقنين المحول . في هذه الحالة ، ليصل الى ما يعادل 500 او 1000 فولت - امبير . ومن بعض الحالات ، يمكن ان تحتوي الملفات الثانوية على ملعين منفصلين ذي نقطتي التفرع المتوسطتين بحيث يعطى منهما جهدا قيمته 60 - 0 - 60 فولت مثلا . ويمكن ان يستخدم كل ملف بعدد للحصول على مصصاات متنوعة

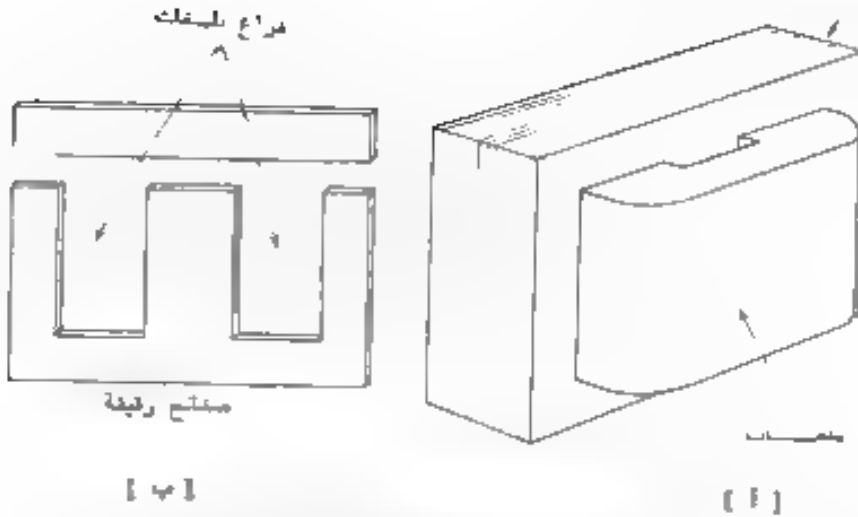


شكل ٧ - ٥ : ١ و ٢ و ٣ يعود مختلفة لمحولات القلب الحديدي و ٤ و ٥ رمر دائره المحول ذي القلب الفريمي

مثل 60 V . 60-0-60 فولت و 120 فولت . مادام اتصالهما على التوالي يمكن ان نحصل على مصدر 120-0-120 فولت او مصدر جهد 240 فولت .

**محولات التردد السعوي :** هي محولات مصصرة تحتوي كل منها على قلب حديدي ومصممة لكي تعمل على مدى الترددات السعوية (15 Hz - 20 kHz) ومن عدد من التطبيقات منها التتارن المرحلي بين المكبرات ومن دوائر السعوية المرندة . انظر لفصل ١٢ . مع تقسيم المولد امبير لهذه الاجهزة ، ما من عدد قليل من الملى وات في حالة محولات التتارن المرحلي الحجم اسودجى 15 x 15 x 20 mm او 0.6 x 0.6 x 0.8 in الى 15 وات او اكثر في حالة محولات الحرج من احوال القدرة المرندة للتردد السعوي عند مرحله الحرج . ولكي يستطيع المنارة ، فان الحجم الطبعي لمحول الحرج السعوي الذي مدره 15 W يبلغ حوالي 80x70x50 mm (3.25x2.75x2 in) وبس شكل ٧ - ٦ محول حرج شائع للاستعمال .

3. <sup>ا</sup> <sup>ب</sup> <sup>ج</sup> <sup>د</sup> <sup>هـ</sup> <sup>و</sup> <sup>ز</sup> <sup>ح</sup> <sup>ط</sup> <sup>ي</sup> <sup>ك</sup> <sup>ل</sup> <sup>م</sup> <sup>ن</sup> <sup>س</sup> <sup>ع</sup> <sup>ف</sup> <sup>ق</sup> <sup>ر</sup> <sup>ش</sup> <sup>ص</sup> <sup>ض</sup> <sup>ط</sup> <sup>ز</sup> <sup>ح</sup> <sup>ج</sup> <sup>ب</sup> <sup>ا</sup>



شكل ٧ - ٦ | يقول جهد من التوجُّل في الدائرة المغناطيسية المحيطة ( بالفلت )  
[ ب | شكل نظري يوضح الصالحات الرجبية على هيئة E f ]

من الضروري أن تحمل الملفات الامتدانة لعدد كبير من محاولات التردد اسمعى ثيلرا مستهرا بالاصافه الى مركبات التيار المردد لى نعر عن اشارة التيار . ومى اعداد . فاس العامل الذى يحدد حجم القلب ، فى هذه الحاله . هو فيه التيار المستمر . ويمكن تقليل تأثير التيار المستمر فى حالات كثيره باستخدام مكرات مصله بطريقه دفعى جدى | انظر الفصل . | ١١ .

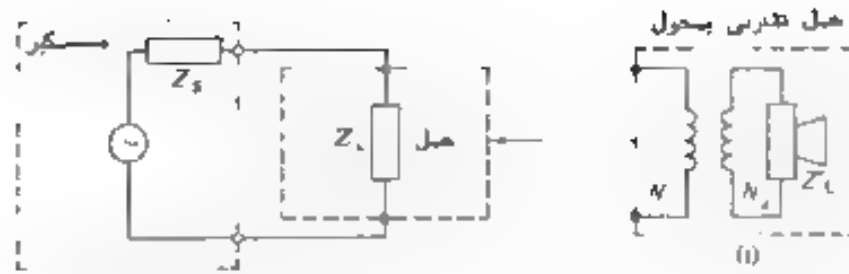
بمنحس أن يعيم المكر ليعمل بدون الحولات حيث أنها كبيرة الحجم وغالية الثمن كما أنها تشوه الإشارة المارة خلال بعض المكرات .

**المحاولات النضالية :** وصمم لمرسل بسمات صبيقة حدا بدون تشويه عند ترددات مي مدى المبحاهرتز وتحتوي بعض التطبيقات المعقدة للمحاولات النضالية دوائر المذبذبات والمولدات النضالية لاستعمال التايستور والرايك .

## ٧-٤ المحول كنيطة لأوعية المعاونة

من الممكن انفسه . انه لقل اتمى قدرة ممكنة من المكر الى الحمل بنفسه  
ان تتساوى معاومة المكر الداخلية ؟ تعرف ايضا باسم معاومة الجرح  
للمكر ا مع معاومة الحمل بمسه ؟ انظر كتاب الالكروست الصناعية لمريد  
من التفاصيل Noel, M. Morris . الناشر Mc. Graw, Hill

ويوضح شكل [ ٧ - ١٧ ] الحالة العامة حيث تظهر المعاوقة الداخلية للمكبر  $Z_s$  ومعاوقة الحمل  $Z_L$  وتنقل أقصى قدرة ممكنة ، في هذه الدائرة ، للحمل عندما تكون  $Z_s = Z_L$



شكل ٧ - ٧ أقصى قدرة يمكن أن تنتقل إلى الحمل

يمكن في حالة مكبرات الترانزستور للتردد السبعي أن يوصل حمل الجهاز مباشرة بطرمي المكبر كما هو موضح في شكل ٧ - ٧ ، والسبب هو أنه يمكن اختيار مقاومة الخرج لمكبر الترانزستور التي تتواءم مع مقاومه المحاهير المتوفرة تحاربا . وأن قويا مقدارها  $3,7,15 \Omega$  لمعوقات المحاهير لمعتبر قويا شائعه . وللحصول على اكبر قدرة يمكن انتقالها بين الصمام والجهاز ، من الضروري أن يصل المحاهير عن طريق محول الى مكبر حتى يمكن موازنة معاوقه الحمل بمعاوقه الخرج للمكبر . وتقع هذه المعوقه في المدى ما بين  $4 k\Omega$  الى  $16 k\Omega$  [ انظر مثال ٧ - ٣ ادناه ] .

فإذا ما وصلت معاوقه  $Z_L$  من طرمي الملف الثانوي للمحول الى من الممكن اثبتت [ انظر المرجع السابق ] أن المعاوقه المعاله الطاهره بين طرمي الملف الابتدائي هي  $(N_1/N_2)^2 Z_L$  . كما هو مضمّن في (i) [ بالشكل ٧ - ٧ . لكي تنتقل أقصى قدرة لمعاوقه هذا الحمل ملائداً أن

$$Z_s = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_L$$

وبنتج من المعادله السابقة أن نسبة لفات المحول اللازمة لد أقصى قدرة محمولة هي

$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\left( \frac{Z_s}{Z_L} \right)}$$

مثال ٧ - ٣ . تقارن مكبر للتردد السبعي ذي مقاومه خرج مقدارها  $3,4 k\Omega$  مع محاهير مقاومه  $15 \Omega$  عن طريق محول . أوجد قيمة نسبة اللفات المثلى للمحول .

الحل . من المعادلات السابقة ، تكون النسبة المطلوبة هي

$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\left( \frac{3400}{5} \right)} = 15,1$$

## ٧-٥ دوائر المحولات تحت الاحوال العابرة

المحولات هي انبطة صلده تتعامل مع الاحمال الرنذه سواء لمسدة طويله او لاده تصيره [ عابرة ] . ومع ذلك فقد يتسبب عن هذه الاجهزة نفسها رناده عابرة ومفاجئة في الجهد مما قد يؤدي الى تلف المعدات الالكترونيه .

ويحدث هذا التشويش العابر كنتيجه لعدد من العمليات تشمل وصل او قطع دائرة المحول معمد لحظه علق مفتاح المصدر لمعدية المحول بالقدره يندمج تيار في الملف الاستدائي قد يؤدي الى حدوث جهد مسطح عابر [ شرارة ] في الدائرة الالكترونيه ، من الممكن ان يتلف انبطة اشياء الموصلات . وعند فتح المفتاح الرئيسي ، يصل تيار الحمل لقيمة الصغر بطريقة معاجنه من الممكن ان يتسبب عنها جهد عابر مسطح ذو قيمة عالية .

وتعترض مثل هذه الحالات من التشغيل مخاطرات معادة بالنسبة للنظم الصناعيه ، وتصميم الدوائر الالكترونيه لتتكيف مع مثل هذه الاتواع من الحالات العابره . وفي بعض الحالات تؤخذ بعض المحويطات بتوصيل مقاومة تلمحه للجهد عبر الخطوط الموصله من مصدر القدره ، لفرض الوقاية عندما تقل غرض احتمال حدوث شرارة كهربائية .

## الفصل الثامن

### وحدات دايود الجوامد

#### ٨-١ خواص الدايود :

وحدة الدايود ، هي بسيطة كهربائية ذات طرفين تسمح بمرور التيار بسهولة في اتجاه واحد وتمنع مرور التيار في الاتجاه العكسي وبوصح شكل ٨ - ١ [ ١ ] دائرة الدايود الاصطناعية حيث يعرف شحنا الدايود بالانود والكاثود على الترتيب .

ويستمر مرور التيار خلال الدايود عندما يكون جهد شح الانود موجبا بالنسبة الى شح الكاثود . ولا يمر الا تيار سرب صغير جدا خلال الدايود عندما يكون جهد الانود سالبا بالنسبة الى الكاثود . وهكذا يمكن اعتبار الدايود كيفشج جهد خلسي يصير موصلا او مطما (ON) عندما يكون الانود اعلى جهدا من الكاثود . وبصير فاصلا او ممناحا (OFF) عندما يكون جهد الانود سالبا بالنسبة للكاثود . مع الحالة الاولى . عندما يكون موصلا يقال ان الدايود اهمى الانحياز اما في الحالة الثانية . عندما يعوق مرور التيار ، فيقال ان الدايود عكس الانحياز .

ومن الممكن اختبار الدايود باستعمال مقاييس كهربائية متعددة القياسات موصيلة بين طرفي قياس المقاومة . وفي هذه الحالة ، متصل القطب الموجب للبطارية الداخلية بطرف الجهاز السالب ، بينما متصل القطب السالب منها بطرف الجهاز الموجب ونقاس مقاومة الانحياز العكسي للدايود فتوصل الانود بطرف جهاز القياس الموجب ، وتوصل الكاثود بالطرف السالب له . [ ويلاحظ أنه يوجد دائما علامة بطريقه ما فوق كاثود الدايود وتكون عبارة عن نقطة جبراء في بعض الاحيان ] وعند هذا الوضع ، يجب ان تكون قراءة جهاز القياس مالا بهامة . ومن الممكن قياس مقاومة الانحياز الامامي بمعكس اطراف الدايود ، وتكون قراءة الجهاز عادة في حالة الدايود السليم ، تصع مئات من وحدات الاوم . وبلغ القيمة المألومة للتيار الذي يبدده جهاز القياس المتعدد القياسات ، في حالة الانحياز الامامي للدايود جزءا من الميلي امبير ، وليس من المحتمل ان تقل مثل هذه القيمة اي دايود تحت الاختبار .

ومن المعلوم ان قيمة فرق الجهد بين طرفى مسمار مثالى عند توصيلة تبليغ الصفر - أما عند فتحه ، فان قيمة تيار التسرب مساوى للصفر . لكن دايود اشباه الموصلات لن يعمل كمفتاح مثالى ، حيث أنه يوجد فرق للجهد بين الكاثود والانود في حالة الانحياز الاملى [ انظر شكل ٨ - ١ ( ب ) ] . فعند هذه الحالة من الانحياز الاملى لنوال التشغيل ، يصبح من المألوف لفرق الجهد بين طرفى الانود ، والذي يسمى **هبوط الجهد الاملى** ، ان



[ ١ ]



[ ب ]

شكل ٨ - ١ ( ١ ) رمز الدائرة الاصطلاحي لدايود ( ب ) خواص الدايود الكهربائية

يقع في المدى ما بين 0.3 الى 0.8 فولت بالنسبة لدايود الحرميتوم، وما بين 0.6 الى 2 فولت بالنسبة لدايود السليكون . وفي حالة الانحياز العكسي للدايود [ أى ان الانود يكون سالبا بالنسبة الى الكاثود ] يصبح تشغيل البطارية على المنوال العائق العكسي ، وعندئذ تطلع قيمة تيار التسرب بين الانود والكاثود ما بين عدة وحدات من الميكرو أمبير ( $10 \mu A = 10^{-5} A$ ) الى دايود الفيلز المنخفض الى عدة وحدات من الميلي أمبير ( $1 mA = 10^{-3} A$ ) في دايود القدرة ذي التيار المرتفع . وتكون قيم هذه التيارات عمادة صغيرة جدا اذا قورنت بالتقييم المثالية للتيار الاملى للدايود . فعند درجة حرارة محيطه معطاة ، تبقى قيمة تيار التسرب ثابتة بعض النظر عن قيمة الجهد حتى نصل الى قيمة معينة تعرف بـ **جهد الانحياز** [ انظر شكل ٨ - ١ ( ب ) ] .



معند هذا الجهد . مرداد قيمة التيار العكسي بسرعه ، ويقال ان الدايود يعمل على **منوال الانهيار العكسي** وتريد قيمة جهد الانهيار العكسي عادة عن 600 فولت في حالة الدايود المستعمل في تقويم القدرة . وفي مثل هذه الحالة ، اذا ما مر تيار عكسي قيمته . مثلا . 0.1 امبير . فسوف يؤدي الامر الى قدره معددة في السبلة اكثر من 60W  $600 \times 0.1$  . مادام لم يحدد هذه القدره للحو المحيط ، على درجة حراره السبلة قد يرتفع الى الحد الذي يصح به غير صالحه كيقوم . وقد تم تصميم انواع معينة من الدايود يعرف باسم **دايود زيلر** ، انظر جزء ٨ - ١٠ . التمثل على منوال الانهيار العكسي .

## ٨-٢ انواع الدايود

تشمل الانواع الاساسية المستعملة للدايود

[ ا ] دايود اشباه الموصلات

[ ب ] دايود اكسيد النحاس

[ ج ] دايود السيليبيوم

[ د ] صمامات الدايود الحرارية

[ هـ ] صمامات مملوءة بالغاز وصمامات مملوءة بالبخار

وفي الاصح ، فل اكثر الانواع شيوعا هو دايود اشباه الموصلات ويصنع عادة من السليكون او الجرمانيوم . وتستعمل المادة الاولى [ السليكون ] اكثر في الاعراض العلمية وفي تطبيقات القدرة المرتفعة ، بينما يكتسب الجرمانيوم بعض المميزات في استخدامات الانصالات الكهربائية . ويستعمل دايود اكسيد النحاس مع بعض اجهزة القياس الكهربائية وتستعمل بعض مقومات [ موحدة ] السيليبيوم في استخدامات الجهد المنخفض والتيار المرتفع . وقد استحدثت منذ مدة صمامات الدايود الحرارية في الصناعة وفي المعدات السمعية ولكن مطل استعمالها بدرجة كبيرة . وكثرت البائط المثلثة بالحار مثل مقومات التجميع الرنقى تستعمل بكثرة في الصناعة ولكن الاتجاه المفضل حاليا هو سرعة استعمالها ببائط اشباه الموصلات . ويستمر استخدام نائط التجميع الرنقى في التطبيقات الخاصة مثل اللحام بالقوس الكهربى .

## ٨-٣ وصلات اشباه الموصلات الثنائية ( وحدات الدايود )

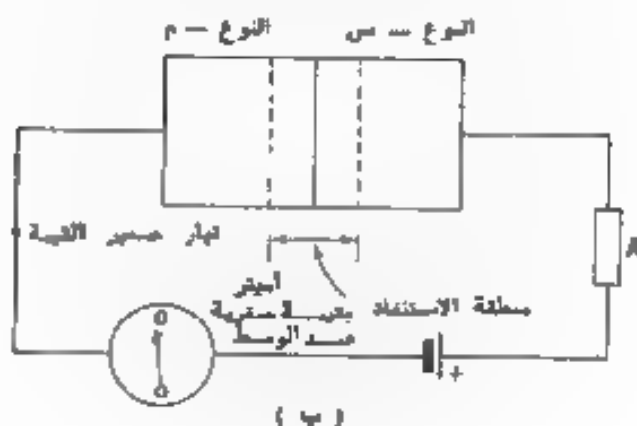
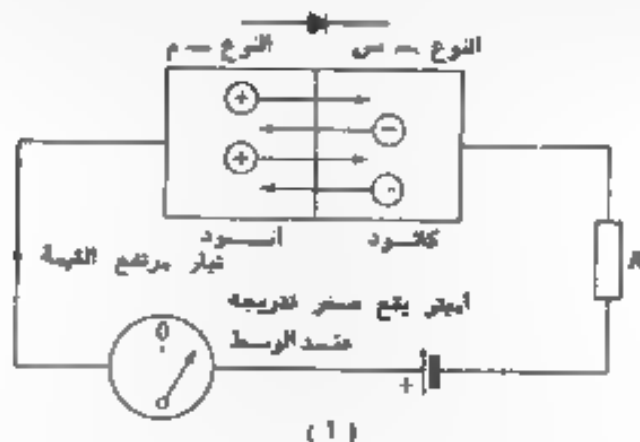
تتكون الوصلة م - س ( p-n ) للدايود من بلورة واحدة من مادة شبه موصلة كال قد استشر فيها شوائب اشياء تصيغها لتعطى النوع الموجب للاتود والنوع السالب ( n-type ) للكاتود .

ولقد وجد ان تيارا كبيرا يمر في الدائرة اذا ما تم توصيل الدايود كما في شكل ٨-٢ [ ا ] ، حيث يتم توصيل الاتود من النوع الموجب [ م ] بالقطب

الموجب للبطارية ، بينما يوصل الكاثود وهو من النوع السالب [ س ] ،  
بالقطب السالب للبطارية . والسبب في ذلك هو أن غالبيه حاملات الشحنة  
[ انظر الفصل الاول ] من النوع الموجب [ م ] للمادة عبارة عن فجوات ،  
بينما هي عبارة عن الكترونات من النوع السالب [ س ] للمادة . وهكذا ،  
إذا ما تم توصيل جزء البلورة [ م ] ، للدايود بالقطب الموجب للمصدر ، فإن  
فجوات البلورة الموجبة تعبر الوصلة ممجبة نحو القطب السالب عن طريق  
تدرج الجهد عبر السيطه . وبالمثل فإن الكترونات البلورة السالبة تعبر  
الوصلة ممجبة نحو القطب الموجب من الدايود وسعيده .

وبما سبق ، يتضح ان للدايود اختيارا اامليا عندما تكون قطبيه الانود  
نوع [ م ] موجبة بالنسبة للكاتود نوع [ س ] ونمثل المقاومة  $R$  المبينة  
في شكل ٨ - ٢ [ ا ] بمقاومة الحمل .

فإذا ما تم عكس قطبية المصدر كما في شكل ٨ - ٢ [ ب ] فإن قيمة التيار  
المار في الدائرة تنخفض الى قيمة صغيرة جدا . وعلى هذا المنوال من  
التشغيل ، فإن الكترونات البلورة السالبة المتحركة تنفعد عن الوصلة متجهة  
نحو القطب الموجب المتصل بها . وبالمثل ، تنجذب فجوات البلورة الموجبة  
المنحركة بعيدا عن الوصلة متجهة نحو القطب السالب المتصل بالانود .



شكل ٨ - ٢ [ ا ] دايود ليس اختيارا [ ب ] دايود عكس اختيار

وتكثيجه لذلك . يستند جانباً الوصلة [ م - س ] من حاملات الشحنة ويكوبل منطقته عارله الماعليه . وهكذا . تكون منطقة الاستنفاد في منطقة الوصلة عكسه الانحياز . ويتناهى سمك المنطقة المستنفده في الصغر بينما يتخذ تدرج الجهد قيمة عالية .

وتؤدي زيادة جهد الانحياز العكسي الى زيادة ضئيلة في سمك المنطقة المستنفده بسبب الاعتماد الاكثر للالكتروسات والمحواف عن الوصلة . وسدو دايدود الانحياز العكسي بالمسحة للدائرة الخارجيه وكأنه مكثف . وتتقلص سمه الدايدود مع اريداد سمك العازل ا او بمعنى آخر ، سمك الطقة المستنفدة { بحيث تؤدي الزيادة في الانحياز العكسي الى نقص سمه الدايدود وستحتم انواع خاصة من الدايدود ، تعرف باسم دايدود الماركور ودايدود الماربيكب [ دايدود متميز المسحة ، على التوالي عكسي الانحياز ، في دوائر الراديو والتطريبات لصط تردد الرنين لدوائر الموالمة وذلك بتعبير سمه الدايدود بواسطة التحكم في الجهد .

وستؤدي زيادة الانحياز العكسي في النهاية الى اقصى قيمة يمكن تحملها لتدرج الجهد عبر المنطقة المستنفدة لمثل هذه المجموعة من انواع الدايدود . ويعرف هذا الجهد باسم **الجهد العكسي مكرر الذروة**  $V_{RRM}$  .

وسوف تؤدي أي زيادة اخرى للجهد العكسي بالقطع الى انهيار عكسي ، وذلك عندما يبدأ الدايدود في التوصيل مرة اخرى .

ويعطى الجدول ٨ - ١ بعض التفاصيل من قوائم مواصفات نوعين اثنين من انواع الدايدود - النوع الاول منه يسمى BYX 51-1200 وهو يقوم سلكونى لاستخدامات نظم القوى الكهربائية والنوع الثانى منه يسمى BA 317 وهو دايدود سلكونى مسطح فوفى محوري Planar epitaxial

جدول ٨ - ١ قيمت مواصفات الدايدود المبينة في شكل ٨ - ٢

النوع	تقنين القيمة المتوسطة للتيار [ بالامبير ]	تقنين الجهد العكسي [ بالفولت ]	اتصى تعبير مناجيء مكرر للتيار [ بالامبير ]	هبوط الجهد الامامى عند التيار المقنن [ بالامبير ]	اتصى درجة حرارة تشغيل
BYX52-1200	40	800	450	14	175
BA317	0.1	30	0.225	1.1	200

ذو قدرة منخفضة ويستخدم للاغراض العامة . وسيوضح في الفصل الثانى عشر معنى « سطح فوفى محوري » . ويعطى شكل ٨ - ٢ بيئين اجماليين بالاعتماد لهذين النوعين من الدايدود .



أما إذا لم يعد المعرض ، فإنه يربط بمسار الى بالوعة حرارية قد تكون للبطانة شلبيه التجهيزات .

وهناك نقطة جديرة بالملاحظة عند القيام بلحام الدايود وبعض مسقط اثناء الموصلات في الدوائر الالكترونية . وهي اننا نصح بتقليل كمية الحرارة الموصلة الى الوصلة بواسطة الاسلاك . ونستخدم احدى الطرق المفضلة لهذا الغرض ، **قطرة حرارية** قد تكون ببساطة ، عبارة عن مثبك تيسر او اى موصل آخر مناسب للحرارة يشبك بمهمة مؤقتة بالسلك .

## ٨ - ٤ دراسة خواص وصلات الدايود بالنسبة للتأثيرات الحرارية

ترداد حاصه الموصله الذاتيه لسيطة اثناء الموصلات مع تزايد درجة حرارة التشغيل | انظر الرسم الاول | . ويوضح شكل ٨ - ٥ التغير في خواص وصلات الدايود متجه لزياده درجة الحرارة . وقد ظهرت الخاصية المناظرة لدرجة حرارة محيطه مقدارها  $25^{\circ}\text{C}$  بالحط المستطوي ، وسقياس رسم مقدر بالامبير لتيار الانحياز الاملى اما بالنسبة للانحياز لعكسي فقد قدر بقياس الرسم بالميكروامبير .

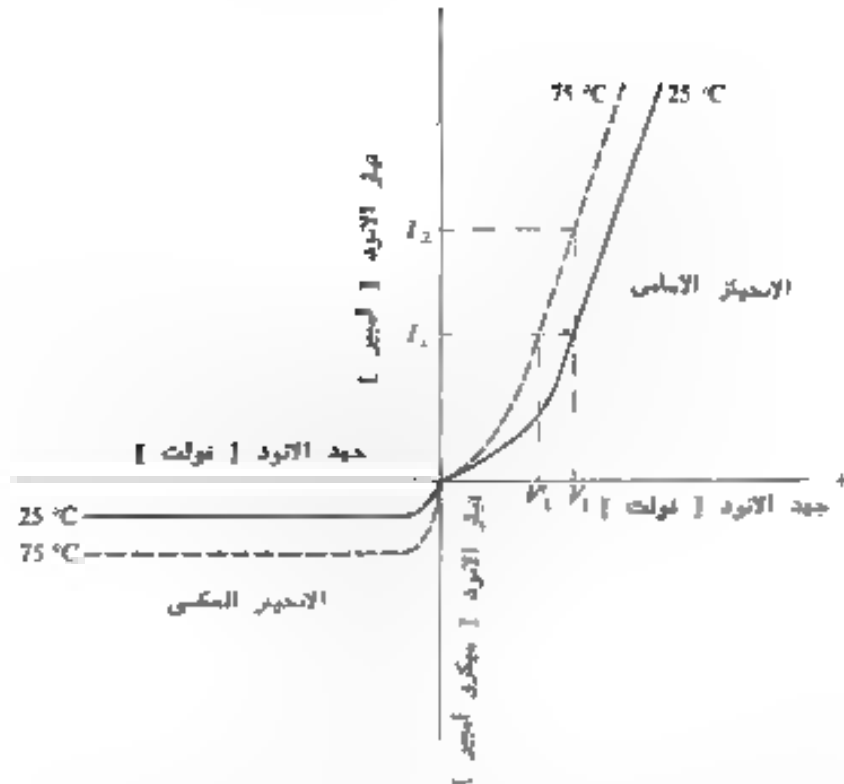
والان ، لنأخذ في الاعتبار ، اولاً ، تغير ربع الشكل املى الانحياز . فعند تزايد ما لدرجة الحرارة ، بالنسبة لقيمة معطاة من الهبوط الاملى للجهد ، يؤدي تزايد اسياب التيار ، نتيجة ازدياد الموصلية الذاتية . الى زيادة تيار الدايود . وهكذا ، فإنه بالنسبة لهبوط املى للجهد مقداره  $V_1$  ، ينساب تيار قيمته  $I_1$  عند درجة حرارة  $25^{\circ}\text{C}$  وتيار قيمته  $I_2$  عند درجة حرارة  $75^{\circ}\text{C}$  . وبطريقه اخرى ، فإنه بالنسبة لقيمة معطاة من تيار الدايود مقدارها  $I_1$  ، مثلاً ، تكون قيمة هبوط الجهد عبر الدايود  $V_1$  عند درجة حرارة  $25^{\circ}\text{C}$  وتبلغ  $V_2$  عند درجة حرارة  $75^{\circ}\text{C}$  . وبمعنى آخر ، يتناقص الهبوط الاملى للجهد ، لكل قيمة معطاة من تيار الحمل ، مع تزايد درجة الحرارة .

أما بالنسبة لربع شكل ٨ - ٥ عكسي الانحياز ، فإن انطلاق حملات الشحنة يرداد مع تزايد درجات الحرارة ، مما يؤدي الى زيادة التسرب .

## ٨ - ٥ دوائر المقوم أحادى الطور

تستخدم دوائر متنوعة لتتويج الجهود المترددة اى لتحويل الموجه المترددة لآخرى موحدة الاتجاه او لاثارة من التيار المستمر . وسنصف فيما يلي عدداً من الدوائر الاكثر اهمية .

فمن الممكن استعمال دائرة **الموجه النصفية الحادية الطور** ، شكل ٨ - ٦ [ ١ ] مباشرة بين مصدر التيار المتردد وحمل التيار المستمر بدون استخدام اى محول كهربائى . يوصل الدايود طالما انودده موجب بالنسبة



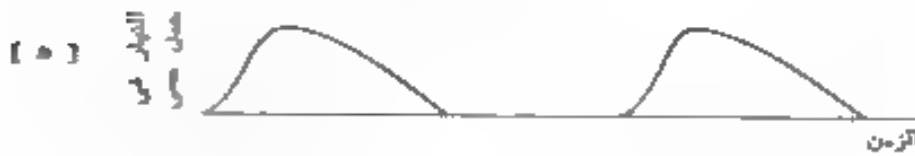
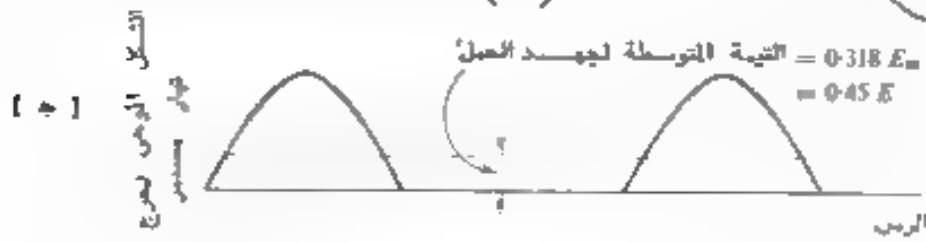
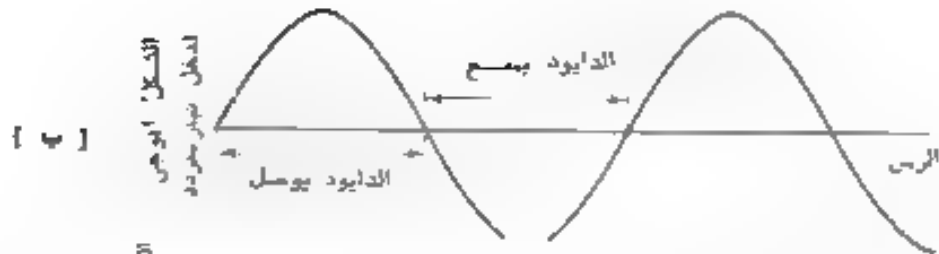
شكل ٨ - ٥ تأثيرات الحرارة على خصائص وصلة الثايرود

للكاثود ، بينما يسمح بمرور التيار عندما يكون الأنبود مثاباً بالنسبة للكاثود ، كما هو موضح في شكل ٨ - ٦ ( ج ) و ( د ) ، ا . لذلك يكون الشكل الموجي لتيار الحمل عبارة عن نصف موجة انتحاء تضام ، خلال النصف الموجب لموجات مصدر التيار المتردد . في حالة ما اذا كمل الحمل عبارة عن مقاومة فإن تيار وحده الحمل يكون لها نفس الشكل الموجي مثل النصف الموجب لدورة موجات مصدر التيار المتردد .

جهد النبوة العكسي ( ح . د . ع ) المطبق على الثايرود يحدث عند ذروة النصف الموجب لدورة موجات جهد المصدر ، وفي حالة وجود مصدر موجات جيبية يكون جهد النبوة العكسي هو

$$\sqrt{2}E = E_m = \text{ج.د.ع}$$

حيث  $E$  هو أقصى قيمة للشكل الموجي للمصدر و  $E_m$  هي ج.م.م القيمة . في حالة وجود مصدر موجات جيبية لـ ج.م.م القيمة يساوي 240V لأن ج.د.ع الدوري يكون 340V ، بينما يكون 622V في حالة مصدر له ج.م.م يساوي 440V .



شكل ٨ - ٦ دائرة تقوم بعمل الموجة احادية القطب

[ وكقاعدة عامة بسيطة ، يمكن احتساب القيمة الذروة للموجة الحبيبة مرقم ينقص قليلا عن 1.5 مرة ج.م.م القيمة ] وعلاوة على ذلك ، تضاف بصفة دورية تغيرات مفاجئة لحهد عبر الى الحهد الاصلى للمصدر . ومن الممكن ان تحدث هذه التغيرات المفاجئة من عدة مصادر منها :

[ أ ] فصل حمل التيار المستمر عند خرج المقوم .

[ ب ] فصل أحمال حثية موصلة على التوازي مع دخل الدائرة .

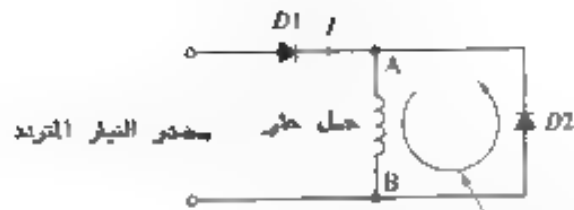
[ ج ] توصيل المحول أو قطع تيار الحمل بالنسبة للحالات التي تغذي فيها المقاومات عن طريق المحول الكهربائي .

ولكى نتعامل مع هذه التعبيرات المعبرة ، ينبغي أن يزداد تقنين جهد الدايمود العكسي عن  $E_{mo}$  . وكقاعدة عامة ، يسقى تقنين جهد الدايمود العكسي للمقوم الممين في شكل ٨ - ٦ [ أ ] بما لا تقل قيمته عن ضعف ج.م.م جهد المصدر ، أي ما قيمته 480V لمصدر الجهد 240V وما قيمته 880V لمصدر الجهد 440V .

وعالماً بما يستخدم دوائر المقومات مع أحمال حثية ، مثل المغناطيسيات والمحركات الكهربائية ، وبين شكل ٨ - ٦ [ هـ ] ، [ و ] تأثير الحمل الحثي على الاشكال الموجية لكل من الجهد والتيار . فعندما تبدأ فترة توصيل الدايمود ، في حالة الحمل الحثي ، تسبب الق.د.ك. المعارضة من ملف المحامه مطءاً مقط عند مداه فترة تزايد التيار ، لتعطى له مظهر الانكفاء المثلثي والممين في شكل ٨ - ٦ [ هـ ] . ونظراً لما يحتزنه الحمل الحثي من طاقته ، بل يكون قيمة التيار قد وصلت الى الصفر ، عند نهاية النصف الموجب للدورة حيث تكون قيمة جهد المصدر قد تناقصت للصفر . والنتيجة ، هي أن الق.د.ك. المعارضة بالملف ، تدفع الدايمود لكي يستمر في التوصيل خلال النصف السالب لدورة موجة الجهد وحتى تكون قيمة التيار قد تناقصت الى الصفر . ويوضح شكل ٨ - ٦ [ و ] الشكل الموجي للجهد عبر الحمل .

ومن الحائر أن يترتب عن التحميل الحثي لبعض الدوائر نوعاً من المشاكل ، سيما لا تثار أية مشكلة بالنسبة لبعض الأنواع الأخرى من الدوائر [ انظر ، على سبيل المثال ، الفصل الخامس عشر ] . ويمكن في بعض الأحيان تقني طريقته لمنع توصيل دايمود المقوم الرئيسي خلال النصف السالب من دورة موجة الجهد باستخدام دايمود الخدافة - D2 كما هو موضح بشكل ٨ - ٧ في أثناء النصف الموجب من دورة موجة جهد المصدر ، يكون دايمود المقوم D1 في حالة توصيل ، ويبدد الطاقة للحمل في نفس الوقت الذي يكون فيه دايمود D2 عكسي التحيز . وفي خلال الجزء المتكرر من النصف السالب لدورة جهد المصدر ، حيث لا يزال التيار مساراً بالملف الحثي ، تؤدي الق.د.ك. المعارضة الى أن يصبح نقطة A سالبة بالنسبة الى نقطة B . وهكذا تنشأ حالة يصبح بها المقوم D2 أمامي التحيز ، فيهيء مساراً لانسحاب تيار الطاقة المحتزنة في الملف الحثي . وعندما يوصل المقوم D2 ،





مسار للتيار المعطى

شكل ٨ - ٧ استخدام دايود العدة D2 مع حلز على

قلل يريد فرق الجهد بين مقطعي A و B من 1 الى 15 فولت ، ومعنى هذا هبوط الجهد الامامى عبر D2 ، بحيث ينقطع مرور لتيار خلال D1 حينما يزيد القيمة السالبة لجهد المصدر عن هذه القيمة . ويوصف المقوم D2 ايضا بدايود كبت الشرارة واحيانا دايود توحيد الاتجاه .

وطبقا لما عرّف سابقا ، فلن دائرة مقوم نصف الموجة تعمل على الانتفاع بمصدره موجة المصدر فقط . اب دوائر الموجة الكاملة كما في شكل ٨ - ٨ فلها تعطى خرجا من التيار المستمر خلال كلا النصفين من دورة موجة المصدر .

وبالنسبة للدائرة ذات نقطة التفرع المتوسطة او مزوجة الطور الموصحة في شكل ٨ - ٩ ، ماتها بعدى مقومات الدايود عن طريق محول كهربائي ذي نقطة تفرع متوسطة . ويتم توصيل الملفات الثانوية بحيث يصبح اسود D2 سالبا ، عندما يكون اسود D1 موجب بالنسبة الى نقطة التفرع المتوسطة والعكس بالعكس . ممتد ، خلال النصف الموجب لدورة جهد المصدر ، يوصل الدايود D1 ، بينما يكون الدايود D2 سالبا وهذه الكيفية ، تحافظ نقطة A على أن يظل أعلى جهدا من نقطة B خلال كل نصف دورة . وتكون الحصيله النهائية هي مضاعفة خرج الجهد الفعّال اذا ما قورن بحالة الموجة النصفية [ بافترض أن نسبة ملفات المحول هي  $(1 + 1) : 1$  ] .

وهناك عدة عيوب للمحولات الكهربائية ، منها تكلفتها وحجمها ووزنها بالإضافة الى القدرة المفقودة بها . لذا ، يلجأ الى الدائرة ذات نقطة التفرع المتوسطة في الاحوال التي يحتم أن بعدى بها الحمل من جهد لا ينطى أو اينما يقتحم عزله كهربائيا عن مصدر القدرة .

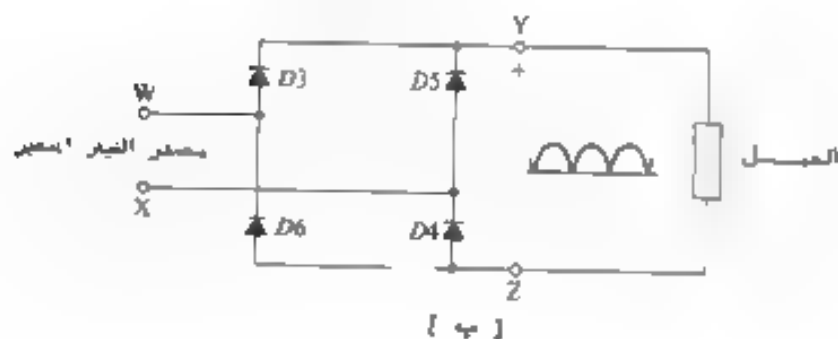
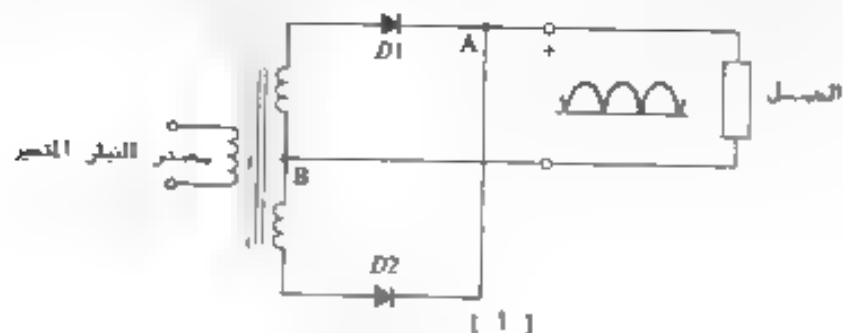
وعندما يصل جهد الخرج في شكل ٨ - ٩ ، عند قيمة الذروة ويكون الدايود D1 في حالة توصيل . على سبيل المثال ، فان جهد اسود D2 يكون عند قيمة الذروة السالبة . وهكذا يتعرض الدايود D2 لجهد ذروة عكسي تعادل قيمته ضعف القيمة الذروية لجهد الملف الثانوي ، أي 2.828 مرة ضعف ج.م.م قيمة الجهد الثانوي . ويتعرض ايضا الدايود D1 لنفس القيمة من ا.ح.ذ.ع [ خلال نصف الدورة التالي .

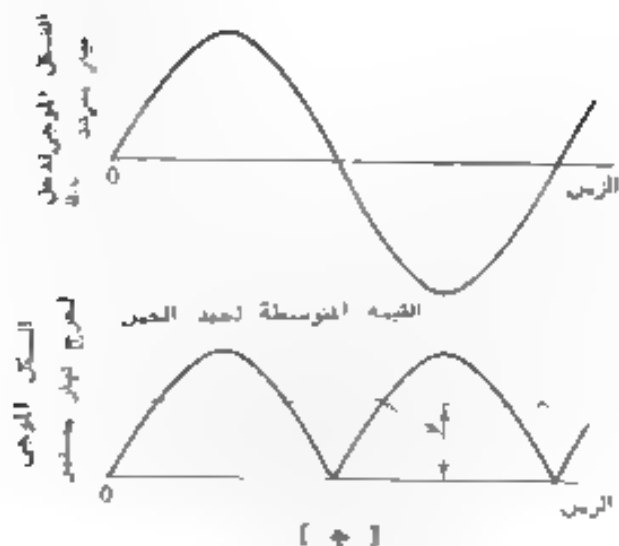
وكتاعده عامة وبسيطة ، يسمى أن يعادل الجهد المقس لمقومات الدايمود ، المستفيدة من الدوائر ذات بقط التفرع الموسطة ، ما يعادل حوالي أربعة لصعاف ج.م.م . قيمة جهد المصدر .

وبوضح شكل ٨ - ٨ | د | الاشكال الموحه لكل من جهدي الحمل والخرج [ يفرض أن الحمل عبارة عن مقاومة ] .

وتعبر دائرة المفهوم القطرية ذات الطور الواحد ، شكل ٨ - ٨ | ب | أكثر شيوعا ، ويمرر بمصليها الى أنها لا تتطلب محولا كهربائيا . فعندما تكون النقطة  $W$  موحه بالنسبة للنقطة  $X$  يصبح كل من وحيدي لدايمود  $D3$  و  $D4$  امامية الانحياز ويحملان التيار ، بينما يصبح كل من  $D5$  و  $D6$  عكسي الانحياز . في خلال نصف الدوره هذه يسحب التيار من  $Y$  الى  $Z$  . خلال الحمل ، وعندما تكون النقطة  $W$  سالبة بالنسبة للنقطة  $X$  على كل من  $D5$  و  $D6$  يكون امامي الانحياز ، بينما يكون  $D3$  و  $D4$  عكسي الانحياز ، وهكذا يسحب التيار مرة اخرى في الدائرة الخارجيه من  $Y$  الى  $Z$  . ونسأوي قيمة جهد الدوره العكسي المسلط عبر مقومات الدايمود في دائرة قطريه مع القيمة الدرويه لجهد المصدر التي تبلغ 1.414 مرة قيمة ج.م.م جهد المصدر في حالة ما اذا كانت موجاته حبيبة .

هذا ومد ادرج في الجدول ٨ - ٢ اهم بارامترات روائر المقومات احادية الطور حيث تمثل  $E_{m}$  القيمة القصوى للجهد الممدى للمقوم ،  $E$  هي قيمة ج.م.م و  $f$  هي تردد المصدر بالهرتز . وسوف يدرك القارئ ان التردد الموحى الرئيسي هو  $2f$  لكل من دائرتي الموجة الكامله .





شكل ٨ - ٨ دوائر مقويات الموجة الكاملة أحادية الطور . ١ ذات نقطة تفرع متوسطة أو ثنائية الطور ب ١ نظرية ج ١ بين الإشكال الموجية لجهد الدخل والخرج عندما يكون الحمل عبارة عن مقاومة

ويمكن استكشاف المسبب في ذلك إذا ما وُضِعَ الشكل الموجي لخرج الفوائر ، والموضح في شكل ٨ - ٨ ب تحت الإعرار . فالرسم الذي يستعرضه موجه جهد أخرج خلال دوره كامله أنها يبلغ نصف زمن موجه الدخل ، ولذا ، فإن تردد المركبات المرفدة في الشكل الموجي للخرج المرفد الموجي يساوي ضعف تردد المصدر . ويبلغ قيمة التردد الموجي الرئيسي 100 هرتز ، بالنسبة لمصدر تردده 50 هرتز .

## جدول ٨ - ٢ المتغيرات الهامة لدوائر المقوم أحادي الطور

نوع الدائرة	القيمة المتوسطة لحِدِّ الْحَمْلِ	التردد الموجي الرئيسي	النموذج النسبي
الموجة النصفية	$0.318E_m = 0.45E$	$f$	1.11
الموجة الكاملة	$0.636E_m = 0.9E$	$2f$	0.472
مع نقطة تفرع متوسطة	$0.636E_m = 0.9E$	$2f$	0.472
نظرية - موجه كاملة			

وتحسب القيم في العمود تحت عنوان : « النوع النسبي » من الجدول ٨ - ٢ بهذه المائدة

ج.م.م. قيمة الجهد الموجبي الرئيسي

النوع النسبي =  $\frac{\text{متوسط جهد الحمل}}{\text{ج.م.م. قيمة الجهد الموجبي الرئيسي}}$

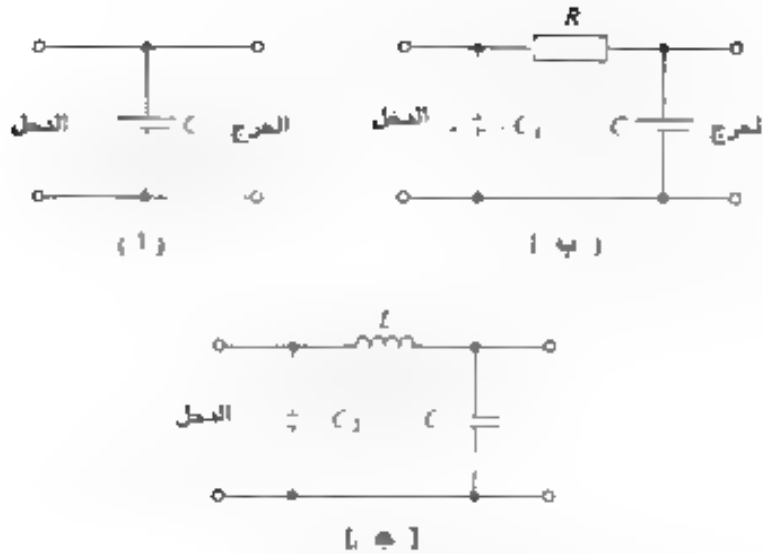
وهناك شكل شائع من نموذج لقنطرة المقوم أحادي الطور نسبي كمنزلة البلاستيك . وهو عبارة عن دائرة قنطرة كاملة المقوم ومطابق لمطابق على هيئة مستطيل من البلاستيك ، ويخرج منه أربعة أسلاك يخصص لكل منها لمصدر جهد التيار المتردد ويخصص السلكان الآخرين لخرج التماسر المستمر . ويصل التيار المقس إلى حوالي 10 أو 15 أمبير لبعض المبادج فإذا رأت قيمة التيار عن هذه القيمة ، تستخدم مقومات الدايمود قنطرية التوصيل بعد تركيبها فوق بالوعة حرارية ، ومن الممكن أيضا زيادته إمكانيات بعض أنواع تبادج كمنزلات البلاستيك للتداول مع قدرات أكبر فركبيها فوق بالوعة حرارية .

## ٨ - ٦ مرشحات الموجبات

مرشحات الموجبات وتسمى أحيانا نواثر التسوية هي صورة للدائرة الكهربائية المتكاملة والتي تستخدم لتقليل موجبات الجهد عند خرج دائرة المقوم . إلى أنسى حدد يمكن . ويوضح شكل ٨ - ٩ ثلاثة أشكال أساسية لمثل هذه الدوائر . ويطلب هذه الدوائر بمكونات رائدة البعة لمطابق ١ وتقع عادة في المدى من عشرة ميكرو فراد إلى بضعة آلاف من الميكرو فراد .

ومعمر المرشح السعوي ، شكل ٨ - ٩ ( أ ) بسيط ورحباً ويستخدم بكثرة عندما تكون موجبات الجهد صغيرة معلا ، ولكي يتم تشغيل المرشح على الوجه الصحيح ، يسمى أن تقل بمعايرة المكثف عند أصغر تردد موجبي عن حوالي عشر مقاومة خرج مصدر القدرة . وهناك عيب يتعلق بالمرشح السعوي ، في حالة استخدامه مع دايمود أشباه الموصلات ، إذ أنه سحب تياراً على هيئة نبضات متتالية عالية التردد إذا ما قوربت مع القيمة المتوسطة لتيار خرج الدائرة . وهذا عائد إلى اندفاع تيار شحن المكثف خلال فترة زمنية صغيرة من كل دورة . وهكذا سيعرض أجهزة أشباه الموصلات للتلف نتيجة انسياب مثل هذا النوع من التيار .

ويوضح شكل ٨ - ٩ ( ب ) بالخطوط المتقطعة ترتيباً شائعاً للمرشح ذي المكثف والمقاومة (RC) . فاصلة المقاومة R على التوالي تحد من قيمة تيار الشحن الذي يسحبه المكثف وبذلك يمكن التغلب على عيب المرشح السعوي البسيط . ويمكن الوصول لمستوى أحسن من الترشيح إذا ما تم توصيل المكثف C<sub>1</sub> بين طرفي دخل المرشح ، لكن هناك عيباً مشتركاً على



شكل ٨ - ٩ دوائر المرشح الموجي الرئيسية

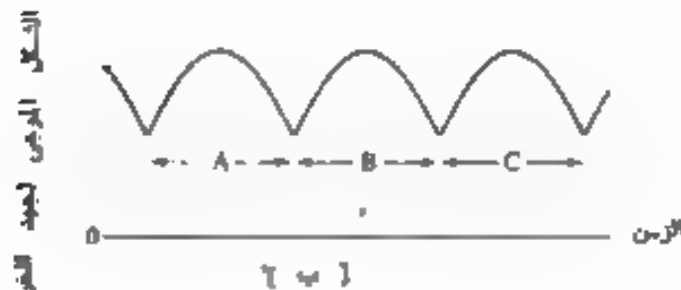
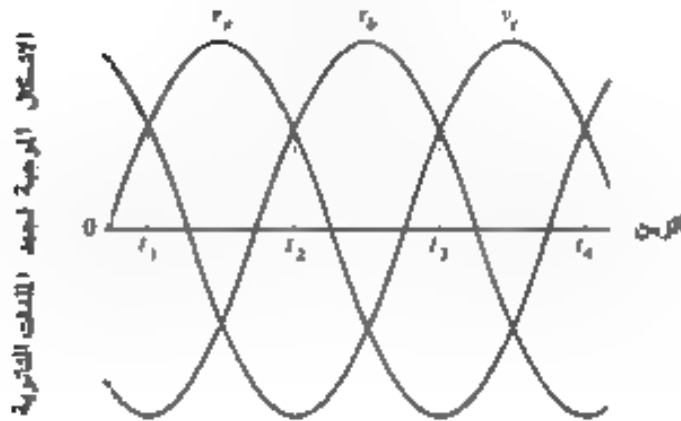
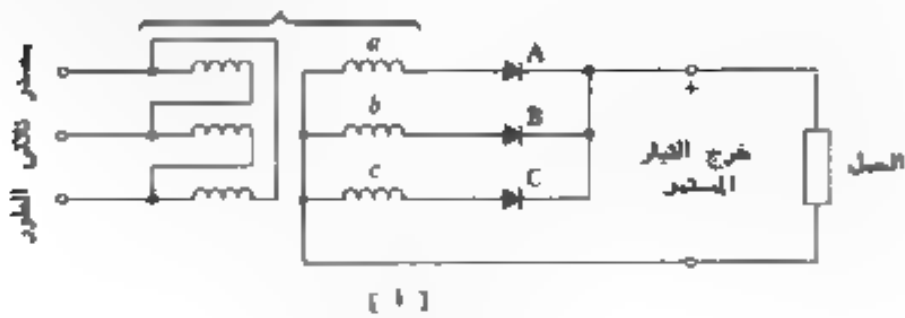
هذا المعدل يمثل في زيادة قيمة سار الشحن الذي يسحبه هذا المكثف من المصدر . ومن عيوب المرشح الأساسي ذي المكثف والمقاومة (RC) هو ما يحدث من هبوط للجهود عبر المقاومة عند مرور سار الحمل بها ، مما يؤدي إلى انخفاض جهد الحمل .

ومن الممكن الوصول إلى مستوى أحسن للترشيح باستخدام المرشح ذي المحثّة والمكثف LC . ويوضح شكل ٨ - ٩ دوائر المخطوط المتزنة شكلاً أساسياً لدائره مرشح الملف الخائق مع التخل ، والذي يتم محثته بـ مكثف C . ومن أجل الوصول إلى مستوى من التشغيل على درجة مرضية ، فمن الضروري أن لا يسمح للتيار المار خلال المحثّة بالهبوط إلى الصفر . ولكي يكفل تحقيق هذا الشرط ، حتى في أحوال الحمل الخفيف ، لفقد يكون من الضروري القيام بتوصيل حمل صبة أو مقاوم استنزافه بين طرفي الحرج . كما ينبغي أن يقل تردد رنين الدائرة LC كثيراً عن تردد أدنى موافقات الشكل الموجي للحرج . فإذا كانت قيمة تردد المصدر المقدي للمقوم تساوي 50 هرتز ، وبم استخدام مقاوم الموحدة الكائبة ، فإنه من اللازم أن يقل تردد الرنين للدائرة LC كثيراً عن 100 هرتز . وعلى سبيل الاسترشاد الاستقرائي ، فإن حاصل ضرب L مع C حيث تعبر وحدات L بالفهرى ووحدات C بالماراد لمصادر ترددات 50 أو 60 هرتز لا ينبغي أن تساوى أو يزيد عن 0.0002 ويقع قيمة المحثّة ، المستخدمة بصفة عامة في مرشحات LC لمصادر القدرة الإلكترونية ، في المدى من 3 إلى 30 هري . ويرداد بحسب مستوى الترشيح باستخدام مكثف أصلي ، C<sub>2</sub> ، عند الحمل كما هو مبين بالشكل . ويعرف الدوائر التي تحتوي على L ، C ، C<sub>2</sub> ، باسم **مرشحات π** (تطلق ماى أحيث أن ترتيب الدائرة يشابه شكل هذا الحرف الإحدى البوئى . وتحظر الإشارة إلى أن استخدام المحثّة إما يعنى صحامة وثقلا وتكلفة للدائرة إذا ما قوربت مع الأنواع الأخرى .

## ٧-٨ دوائر المقومات متعددة الطور

تضم دائره مقومات الموجة النصفية الثلاثة الطور ، كما في شكل ٨ - ١٠ [ ١ ] ثلاثة دوائر أحادية الطور لمقومات الموجة النصفية . ويتضح ان الدايود A يقوم بتوصيل التيار للحمل كلما كان جهد الانود المرتبط به اعلى من جهد اى من الخططين الاخرين ، وهكذا يوصل الدايود A خلال الفترة الزمنية  $t_1$  الى  $t_2$  [ انظر شكل ٨ - ١٠ ب ] عندما يكون  $v_a$  اعلى جهدا من اى من  $v_b$  او  $v_c$  . وخلال الفترة الزمنية  $t_2$  الى  $t_3$  يريد الجهد  $v_b$  من اى من  $v_a$  او  $v_c$  ، وينتقل او يتبادل تيار

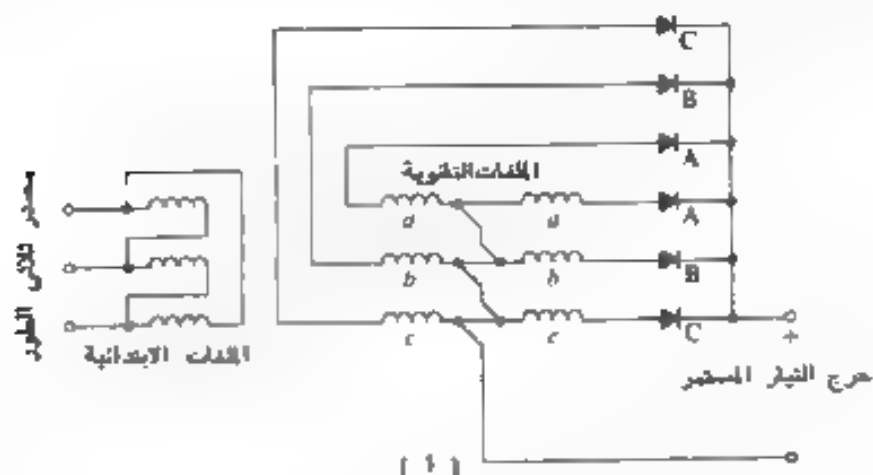
محول لتنا - نجمة .



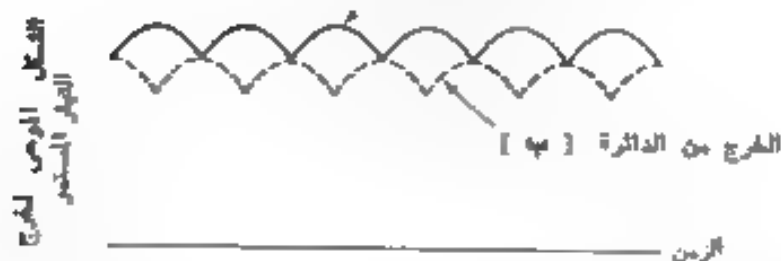
شكل ٨ - ١٠ دائرة مقومات الموجة النصفية ثلاثة الطور

الحمل الى الدايود B . وبالمثل . يوصل الدايود C بحمل الحمل خلال الفترة الرسمية  $t_3$  الى  $t_4$  . وهكذا ، يكون الملف العلوى للأشكال الموجية للتيار المرشد ، الشكل الموجي لخرج التيار المستمر ، انظر شكل ٨ - ١ [ ١ ] .

ويقال ان دائرة الموجة النصية تنفع بموال التشغيل المفرد . بالمطر الى ان دايود واحد فقط هو الذى يقوم بتوصيل تيار الحمل خلال اى من الفترات الرسمية المذكورة .



الخرج من الدائرة [ ١ ]



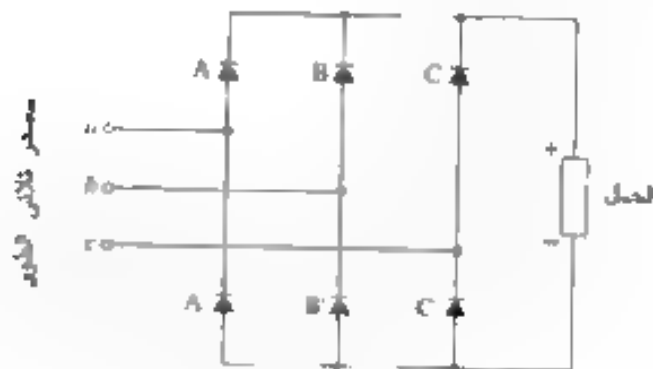
شكل ٨ - ١١ [ ١ ] الدائرة الثلاثية الطور ذات نظام التفرع المتوسطة [ ٢ ] توصلة الجية المزدوجة [ ٣ ] الشكل المرجع لخرج الجهد .

وخلال لحظة الزمن التي يستقل التيار خلالها من دايود إلى دايود آخر  
من كليهما يقوم بالتوصيل في آن واحد . ونعرف هذا بالترابك .

ويستخدم مقوم الموجه الكامل ثلاثي الطور والموضح في شكل ٨ - ١١  
[ ١ ] محولا كهربائيا ثلاثي الطور بملفات ثانوية ذات نقط مفرع بموسطه . مع  
الموصلات الموصلة . يوصل مقومات الدايود ابتداء من  $A$  ،  $C$  ،  $B$  ،  
 $A'$  ،  $C'$  ،  $B'$  . بالسابع ، ويسمى الشكل الموجي لحهد الحرج ذي التيار  
المستمر علام الشكل الموجي لحهد الملفات الثانوية أنظر شكل ٨ - ١١ ا  
ولسوف يلاحظ القارئ أن الشكل الموجي لحهد الحرج قد أصبح أملس  
بالمقارنة مع الحالات الأخرى . ونسحه لذلك . من الحاحه لن ندعو . في  
أحوال كثيرة . لاستخدام مرشحات موحية مع مثل هذا النوع من التوائر  
المسه في شكل ٨ - ١١ . ومن الواضح أن الدائرة الموصلة في شكل  
٨ - ١١ [ ١ ] تتبع متوال التشغيل المفرد .

ومن المبكى تحسين الاسماع بالحصول الكهربائي باستخدام دائرة  
النجم المزدوج . شكل ٨ - ١١ ب . وفي هذه الحالة . يتم ربط كل من  
نصفي الملفات الثانوية كهربائيا مع بعضهما عن طريق محول بين الأطوار  
أو مفاعل بين الأطوار . وهذا المفاعل له نقطة تفرع بموسطه وله طلب حثي  
وسمى محول بين الأطوار لكل من نصفي دائرة المقوم بالعمل كما لو أن  
كل منهما معزولا كهربائيا عن الآخر . وسيحده ذلك . يوصل أنزل من مقومات  
الدايود . واحد من كل دائرة في نفس الوقت وبالسابع التالي . مقومي الدايود  
 $A$  ،  $C'$  ، ثم  $B$  ، ثم  $B'$  ، ثم  $A$  ، ثم  $C$  ، ثم  $C'$  ، ثم  $B$  ، ثم  $A$  ،  
ويعرف هذا النظام بالشغيل المزدوج . ويوضح شكل ٨ - ١١ ج ، ا  
بالخطوط المتقطعة الشكل الموجي لحهد حرج هذه الدائرة . وفي ترتيب  
أخرى أكثر تعقيدا ، يوصل عدد من المقومات في نفس الوقت ، ويقال لها  
تعمل على متوال التشغيل المتعدد .

ويوضح شكل ٨ - ١٢ دائرة مقوم تقطرية ثلاثية الطور . ونسج طريقه  
تشغيل هذه الدائرة ، بصفة عامة ، نفس طريقه الدائرة القبطرية أحادية  
الطور .



شكل ٨ - ١٢ دائرة مقوم تقطرية ثلاثية الطور



فمنها يزيد جهد الحط  $a$  عن جهد أى من الحطين  $b$  أو  $c$  ، مان دايود  $A$  يوصل ويكون كل من مقومى الدايدود  $B$  و  $C$  عكسى الاتجاه . ويرجع التيار الى الحطوط  $b$  ،  $c$  عن طريق مقومى الدايدود  $B$  ،  $C$  وعندما يريد جهد الحط  $b$  عن جهد أى من الحطين  $a$  أو  $c$  يتسلسل تيار الحمل للدايدود  $B$  .

وقد لدرج من الجدول ٨ - ٢ المتغيرات الهامة للمقومات التى عرست عالية ، حيث  $V_p$  هى قيمة ج.م.م. العهد المتردد المسلط بين طرفى المقوم مقاسا بين الطور وسلك التعادل ، و  $V_L = \sqrt{3}V_p$

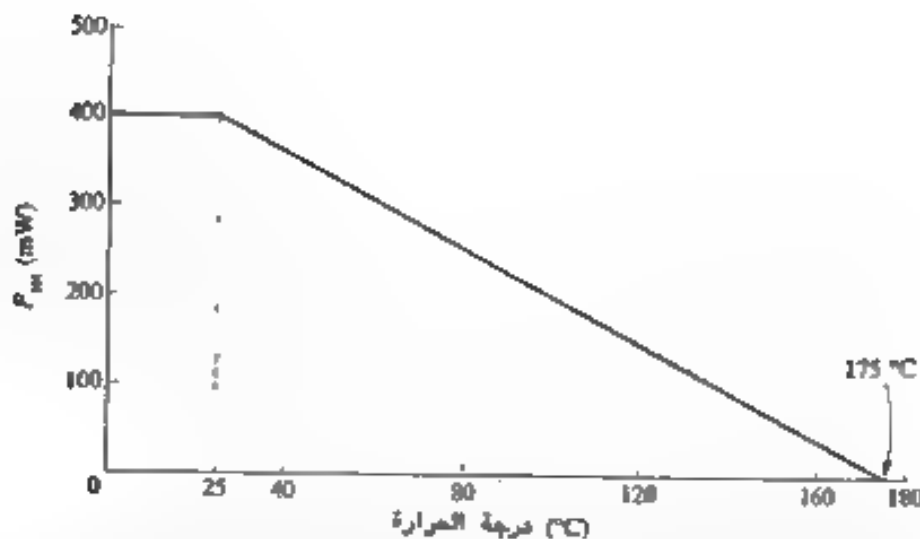
جدول ٨ - ٢ المتغيرات الهامة لدوائر المقوم ثلاثية الطور

نوع الدائرة	القيمة المتوسطة لجهد الحمل	التردد الموجب الرئيسى	التعرج النسبى
الموجة النصفية	1.17 $V_p$	3f	0.177
نقطة تفرع متوسطة	1.35 $V_p$	6f	0.04
مجم مزدوج	1.37 $V_p$	6f	0.04
قطرية	1.35 $V_L = 2.34V_p$	6f	0.04

## ٨-٨ منحنيات العلاقة بين القدرة الكلية المبددة

### ودرجة الحرارة المحيطة (Derating Curves)

تحدد الحرارة المولدة فى الدايدود أثناء التشغيل العادى من الوصلة الثنائية الى الخارج فى الجو المحيط . ويصل الدايدود فى النهاية الى توازن حرارى عندما تزيد درجة حرارة الوصلة عن درجة الحرارة المحيطة بقيمة ثابتة . وعندما تكون درجة الحرارة المحيطة مرتفعة [ ونعنى بمرتفعة أن درجة الحرارة تزيد عن  $25^{\circ}\text{C}$  ] ، ميسقى أن تقل القدرة المبددة من الدايدود ، حتى لا تزيد درجة حرارة الوصلة عن حشد الأمل . ونعنى المستقيم منحسبكت تبين العلاقة بين القدرة الكلية  $P_{tot}$  المبددة من الجهاز الى الجو المحيط ودرجة الحرارة المحيطة [ انظر شكل ٨ - ١٣ ] .



شكل ٨ - ١٢: بعض العلاقة بين القدرة الكلية المبددة ودرجة الحرارة المحيطة

ويربط المحنى الموضح عالياً بمجموعة من وحدات الدايود (BAV 19-21) التي تطلق قدرتها الكلية  $P_{tot}$  المقتنى ما يعادل 400 mW وبحيث لا يسمح لدرجة حرارة الوصلة أن تتعدى  $175^{\circ}\text{C}$  . وتنقص القدرة المبددة للدايود بانطدام من 400 mW إلى الصفر عبر مدى لدرجة الحرارة من  $25^{\circ}\text{C}$  إلى  $175^{\circ}\text{C}$  ، بمعدل  $2.67 \text{ mW}/^{\circ}\text{C}$  . وبعد درجة حرارة مقدارها  $25^{\circ}\text{C}$  ، يعرف مقلوب ميل هذا المحنى بالمقاوم الحرارى  $R_{\text{th-j-a}}$  الذى يحكم حرارة الوصلة مع درجة الحرارة المحيطة ، حيث

$$R_{\text{th-j-a}} = (175 - 25)^{\circ}\text{C} / (400 - 0) \text{ mW} = 0.375^{\circ}\text{C}/\text{mW}$$

## ٨ - ٩: وقاية الوصلات التثاقية

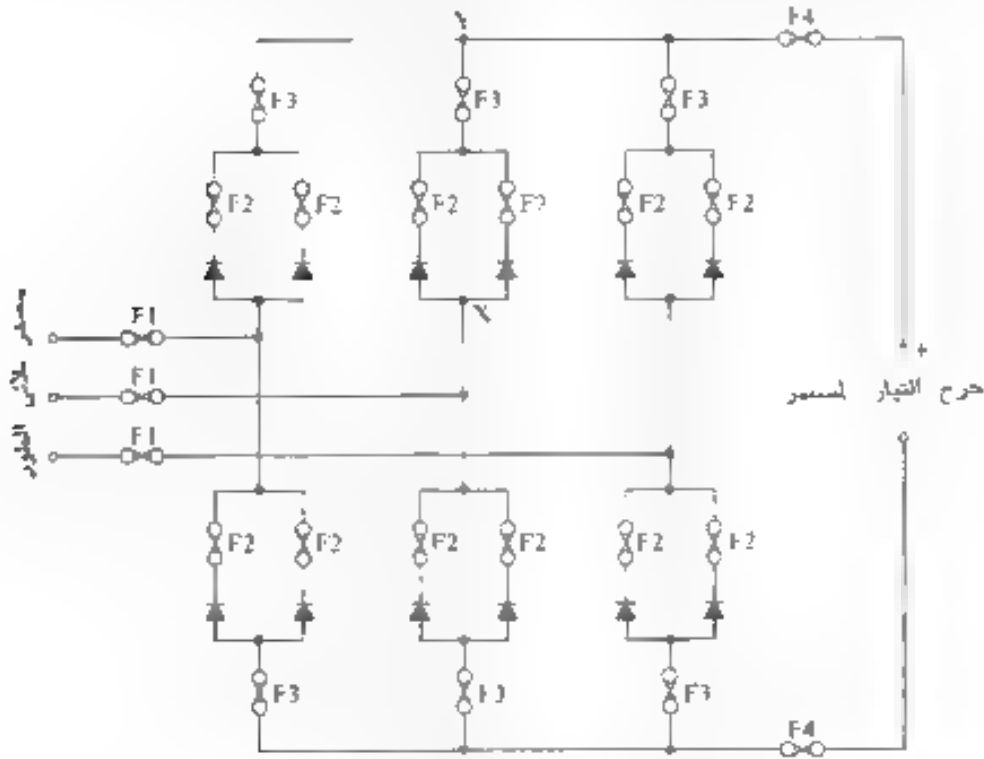
تتعرض وصلات أشباه الموصلات للتلف نتيجة عديد من الاسباب التى سوف نناقش أهمها فيما يلى :

عند توصيل أو فصل المحولات الكهربائية فى حالة اللاحمل ، يتغير تيار المعنطة بطريقه مفاجئة ، ويمكن فى هذه الحالة أن تتعرض الخطوط لجهود مستعنة مرتفعة القيمة وقد تتعدى قيمة هذا الجهد المستحث ، بالنسبة لاي دايود متصل بالخطوط ، قيمة جهد انهياره العكسى . وحتى تمنى الحد من قيمة الجهد المستحث ، فمن المعتاد أن يتم توصيل اما دائرة مقلومة ومكثف RC متصلين على التوالى أو مقوم تابع الجهد بين كل زوج من أسلاك التيار المتردد والتي تعدى دائرة المقوم . وتكون وظيفتها هى امتصاص بعض الطاقة من الجهد العابر .

ومن الضرورى أن يتم تصميم نظم المقومات للتشغيل فى مدى التغير المعتاد لدرجات الحرارة والمرتبط بالمشاة . من أجل كل هذا ، ينبغى أن يتم تركيب مقومات الدايود بالطريقة الصحيحة وأن يوفر لها التهوية المناسبة .

وان استلزم الامر تشغيلا في درجات حرارة متزايدة ، فمن الواجب ان يأخذ في الاعتبار معاملات تشديد القدرة الملائمة طبقا لدرجة الحرارة الملائمة .

ومن المعلوم ان أي خلل للمقومات قد يكون مكلما ، لذا يسعى مهندس نظم وقاية شبائمه . ويوضح شكل ٨ - ١٤ ترتيبه متداوله لدائره قطريه . ويتكون كل ذراع من اذرع القنطرة ، من مصنع وحدات من الدايود متصله على التوازي وفي بعض الاحوال ، متصله على التوالي مع التوازي . ويستلزم الامر توفير الوقاية لكل وحدة دايود حيث ان عطل حليه واحده من خلايا المقوم قد تؤدي الى حدوث قصر مسلط بين الحطوط عندما يبدأ ذراع القنطرة التالي في التوصيل .



شكل ٨ - ١٤ شبكة الوقاية من المصهرات

ومن الحائر ان بدء احقاق هذه الحلله كان مسحه جهد رائد او سبحة لسان زبند . ويعد مومير وقايه احتماليه باستخدام مصهرات ذات سعة قطع عالية (HRC) في المكان F1 كما هو مبين بالشكل ومن ناحية التيار المتردد المعلوم .

وعند تشغيل المصهر في احوال العطل ، فمن المحتمل ان يتولد تعبرا لحظيا معاجنا لجهد يعوقد الامر لوحدات اداود . ولا يتطلب الامر امن وقاية المقوم مقبل بل مصنع من الختم ايضا وقاية كل مجموعة من الخلايا بمصهرات بحيث يولد خلال متره البعير اللحظي طاقة ذات فيه اقل من تلك التي يمكن ان تؤدي الى احقاق الخطيه او مجموعة الخلايا . ونهيه المصهرات F2 ، F3 يوسمها في شكل ٨ - ١٤ مثل هذا النوع من الوقاية . ويبدل قسور من الاهتمام لموائمة خواص هذه المصهرات مع خواص خلايا المقوم .

ومن الممكن أن تعمل جميع المصهرات في نفس الوقت ، عند حدوث عطل من جهة التيار المستمر للمقوم . لذا يصبح من المحتم تغيير نوع من التمييز بين مصهرات HRC في الوضع 34 وبين المصهرات الأخرى في السدائرة .

وعلى وجه العموم ، تصنع مرصوصات القويوت لأغراض نظم القوى الكهربائية على هيئة نماذج حاضرة . وتعتبر الدائرة بين X ، Y في شكل 8 - 14 نموذجا شائعا .

## 8 - 10 وحدات دايود زينار

وحدات دايود زينار هي سائط ومولات ( م - س ) التي تريد شوائبها المترجة عن شوائب الدايود الممتد ، بحيث يحدث الانهيار العكسي عند قيم جهد أقل نسبيا . وسواجد تجاريا وحدات دايود زينار مجهود انهيار عكسية تقع في المدى بين مصع وحدات ويضع مئات من وحدات الفولت .

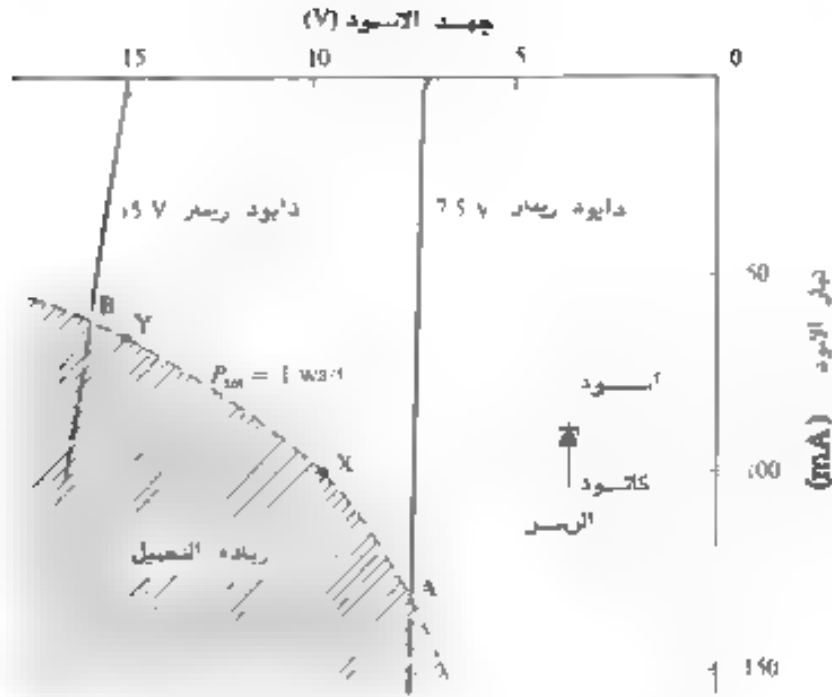
وتتأخر خواص الانهيار العكسي الموصحه في شكل 8 - 15 وحدتي دايود لها جهد انهيار اسمي قيمته 7.5V ، 15V على التسوالي . ويحدد نطاق تشغيل هذه الخواص بالقدر الاحصالية  $P_{tot}$  التي من الممكن أن تتدها البسطة . نادا بلغت قيمة هذه القدره 1W . فان نطاق التشغيل يحدس داخل قطع رائد تعطى معادلته كما يلي :

$$P_{tot} = VI = 1W$$

حيث V يمثل الجهد عبر الدايود ، I يمثل تيار الدايود . نحدد النقطة X من محتوى  $P_{tot}$  فان  $V = 10V$  ، ونكون قيمة التيار I مساوية لـ 100 mA أو 0.1A أو 1/10 . ويبر المنحى بالنقطة Y حيث  $V = 15V$  ،  $I = 66.7 \text{ mA}$  . ونحدد القيمة القصوى للتيار الذي يسمح الدايود بتقاطع خواص الدايود مع محتوى  $P_{tot}$  فالنسبة للدايود 7.5V تصبح هذه النقطة عند A حيث  $V = 7.75V$  ،  $I = 129 \text{ mA}$  . وبالنسبة للدايود 15V تصبح هذه النقطة عند B حيث  $V = 16V$  ،  $I = 62.5 \text{ mA}$  .

وسوف يدرك القارئ أن الجهد عبر الدايود يزيد قليلا جدا مع تزايد التيار في كل حالة وهذا عائد الى مقاومة الدايود الداخلية .

وينسوع استخدام وحدات دايود زينار طبقا لمناول الانهيار العكسي ، مع توصيل الدايود لقطب المصدر الموجب . ونستخدم وحدات الدايود من هذا النوع كمخرج لمصدر جهد من ضمن التطبيقات الشائعة .



شكل ٨ - ١٥ خواص دايود ريسر الانجارية العمل

وبصحة هذه ابرجع ان يعطى قيمة للجهد على قدر كبير من الثبات غير مدى واسع من احوال التحميل والحرارة . وقد تحطت استجابات مصادر الجهد من وحدات دايود ريسر كافة الخلايا النقطية التي كانت تستخدم منذ فترة .

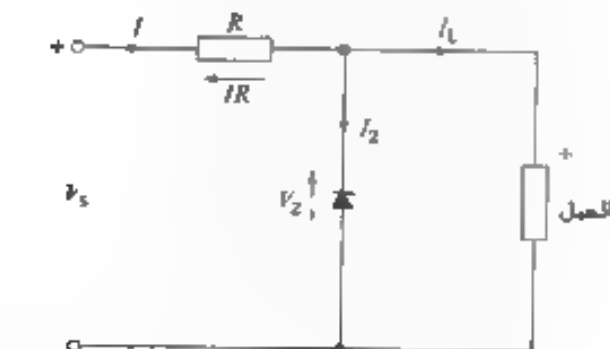
وبوصف شكل ٨ - ١٦ دائرة اسناد جهد أساسية تستخدم دايود ريسر . ومن الممكن في هذه الدائرة تعينه مصدر الجهد عبر المستقر  $V_s$  عن طريق مقوم قنطري ومن بعده مرشح مويجي . ويتحتم أن يمر تيار خلال دايود ريسر أثناء التشغيل العادي حتى في حالة فصل الحمل . وكاسترشاد فكلر من النسبة لمستويات الجهد الشائعة ، من القيمة الاسمية لجهد المسح  $V_s$  تقع عادة في المدى من حوالي  $1.5V_z$  الى  $2V_z$  ، حيث تمثل  $V_z$  جهد انهيار دايود ريسر . وسنقدم ميب يلي طريقة مسطه لتصميم دائرة اسناد للجهد .

لنمرص ان المطلوب هو تصميم دائرة اسناد للجهد من الطراز الموضح بشكل ٨ - ١٦ لكي يعطى تياراً قدره  $100\text{ mA}$  على ضغط قدره  $5.5V$  . ولكي يحدد قيمة  $R$  . يلزم اختيار قيمة  $V_s$  المستخدمة في لدائرة ولكن  $10V$  فكما سبق واوضحنا نتحتم أن يمر التيار خلال الدايود بصفة مضمرة ، أي أن مستمر تشغيل الدايود على منوال الانهيار العكسي طيلة الوقت . لنضع انفي قيمة لتيار الدايود مساوية  $1\text{ mA}$  . ففي حالة تيار حمل قيمه  $100\text{ mA}$

بالإضافة إلى سحب لتيار خلال الدايود قيمته  $1\text{mA}$  على فرق الجهد بين

$$\text{طرفي } R \text{ يكون } IR = V_E - V_Z$$

$$R = (10 - 5.5)/0.001 = 44.6 \Omega \quad \text{لذا}$$



شكل ٨ - دائرة دايود زنر كمراجع لمصدر الجهد

فإذا افترضنا أن مقادير متفاوتة مسموح به في حدود  $5 +$  في المائة متواحدة ، على الاختيار يحصر ما بين قيم قدرها 39 أو 43 أو 47 . ومن الضروري أن تسمح قيمة المقاومة المختارة بتوفير  $1\text{mA}$  على الأقل خلال الدايود مع جهد للمصدر قيمته  $10\text{V}$  بالإضافة إلى سار الحمل ومقداره  $100\text{mA}$  . من هذا يصبح ، أدنى ، أن قيمة المقاومة المختارة لابد ولن تقل عن 44.6 . ويمكن جدولة توزيع القيم المختلفة للمقاومات كما يلي .

القيمة المنتقاه ( $\Omega$ )	أدنى قيمة ( $\Omega$ )	أقصى قيمة ( $\Omega$ )
47	44.65	49.35
43	40.85	45.15
39	37.05	40.95

بمبالغة للقيمة المنتقاه  $43\Omega$  ، يتضح أن أقصى قيمة لها تتوافق أدنى قيمة يمكن تحملها ، وهكذا نختار مقاومة بقيمة منتقاه  $39\Omega$  . وسنفترض فيما يلي أن قيمتها الحقيقية تساوي  $39\Omega$  ، عندما يكون  $V_E = 10\text{V}$  ، ومع تيار حمل مقدار  $100\text{mA}$  ، على أدنى قيمة لشار الدايود تسمح  $15.4\text{mA}$  [ وتصبح القدرة المستهلكة كما يلي :

$$P = (V_E - V_Z)^2/R = (10 - 5.5)^2/39 = 0.52\text{W}$$

ومن المؤكد أن مقاومة بقدره مقسمة قدرها  $1W$  سوف تلائم هذا العرض ،  
وحيث أنه قد تم اختيار مقاومته مقدارها  $39 \Omega$  ، في قيمة التيار المار  
في  $R$  يصبح

$$I = (V_1 - V_2)/R = (10 - 5.5)/39 = 0.115 A = 115 mA$$

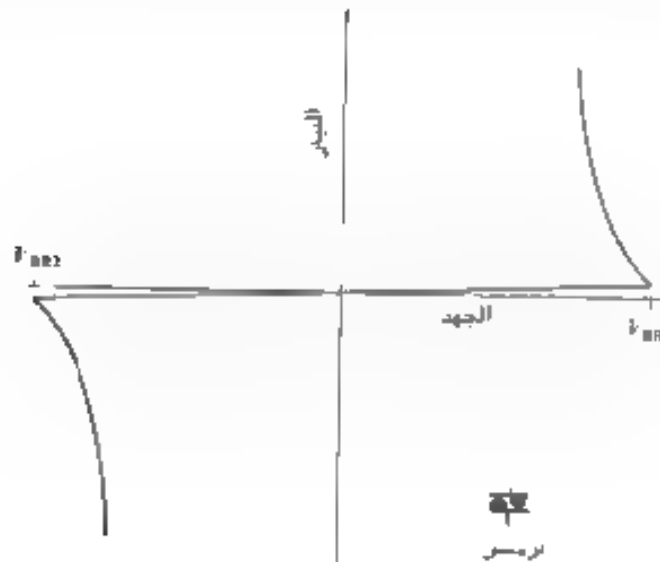
فلذا ما تم فصل الحمل ، ما في هذا القدر من التيار سوف يمر خلال الدايود ،  
ويصبح التفتين ،  $P_D$  ، للدايود

$$P_D \geq V_2 I = 5.5 \times 0.115 = 0.6325 W$$

حيث أن تقريبا قدره  $1W$  للدايود يكون ملائما .

## ٨ - ١١ دايود الانهيار مزدوج الاتجاه ( دايك )

أ- وحدة دايود الانهيار مرتوحة الاتجاه ، والتي يرجع اليها عادة تسميتها  
المحاري **دايك** ، هي سائط ذات طرفين من الأسلاك وليست بعد شبيها عن  
وحدات الدايود الصغيرة ، ولها خواص مشابهة لسلك المسنن في شكل  
 $1V$   $A$  معتمداً على الجهد عبر الدايود عن قيمة جهد الانهيار  $V_{BR1}$  ،  
فإن الدايك يمنع مرور التيار ، وعند جهد  $V_{BR1}$  ، يبدأ الدايك في التوصيل  
ويستقر الجهد عبر طرفيه إلى قيمة أصغر ، ويرتد الدايك إلى حالته المتعة  
عندما يتم انقاص التيار المار لقيمة تقل عن حد أدنى معين لمثل هذا النوع  
من السائط . ويتبع منه هذا الحد الأدنى عادة بين حوالي  $50$  إلى  
 $300 \mu A$  كما يظهر الدايك حالته الانهيار الكهربائي عندما يعكس جهد  
المصدر ، فيحدث الانهيار عند  $V_{BR2}$  .



شكل ٨ - ١١ خواص واصطلاح دايود الانهيار مزدوج الاتجاه ( دايك )

وتقع قيم انهيار الجهد عادة في امدى من 30 الى 50V . وليس من الضروري ان تتساوى قيم كل من  $V_{BR1}$  و  $V_{BR2}$  . فكلما اختلفت قيمتها عن الآخر بها قيمته نضع وحدات من المولت .

وسنستخدم وحدات الدايك عادة كمئات بفريق سمويه . وليس مثل هذه الدوائر . يقوم المكثف بداء دور مصدر طانه دى معاوقه بمنخفضة القيمة ويوفر . علاوة على ذلك . يحسن طاقته عطيه لمرء رمنية متناهية العصر ، امء مريعة خلال بدايك . ويعتبر مولد النصب المستخدم مع النابض والبراك و حدا من الاستخدامات المألومة لوحدات الدايك [ انظر الفصل الخامس عشر ] .



## الفصل التاسع

### وحدات الترانزستور

#### ٩ - ١ أنواع الترانزستور :

١- التطور السريع في تكنولوجيا أسماء الموصلات أدى إلى تصنيع مجموعة مذهبة من الترانزستورات ، [ الاسم ترانزستور هو اختصار كلمتي مقاوم التحويل TRANSfer reSISTOR ، ولحسن الحظ ، يمكن صيغ الترانزستور إلى نوعين أساسيين هما :

١- وصلات الترانزستور ثنائي القطب (BJTs)

٢- ترانزستورات التأثير المحلي (FETs)

يؤخذ اسم ترانزستور ثنائي القطب من مطلق الحزمة التي تقول أن كلا من حاملات الشحنة الموجبة والسالبة أي الفجوات والإلكترونات تشارك في مكانتها أسباب التيار ، وسمى وحدات ترانزستور التأثير المحلي بهذا الاسم لأن محالا كهربائيا يحكم ويشير في عملية أسباب التيار في وحدات ترانزستور التأثير المحلي ، نوع واحد من الشحنات الحاملة التي يمكن أن تكون الإلكترونات أو عيوب ، وبما لهذه الحزمة توصف ، وحدات ترانزستور التأثير المحلي أحيانا على أنها مناطق ترانزستور أحادية القطب .

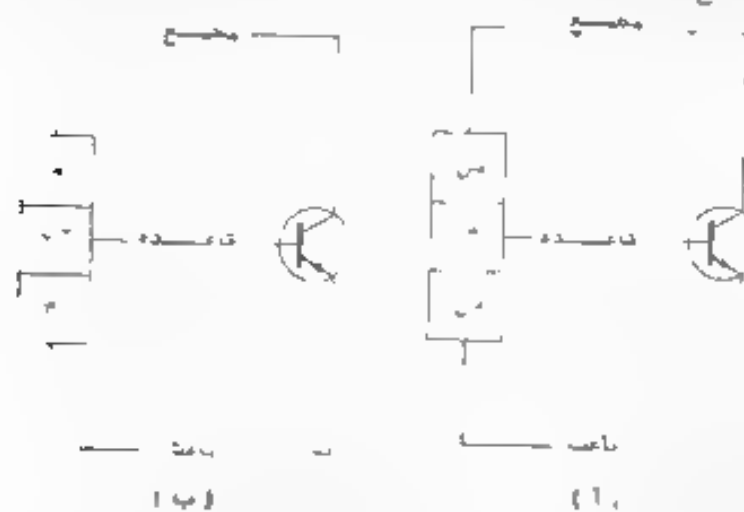
#### ٩ - ٢ وصلات الترانزستور ثنائي القطب

يمكن تقسيم المجموعات السابقة إلى تقنيات فرعية أخرى مستوحى نسب على أيها ، أن وحدة الترانزستور ثنائي القطب هي سطة شبه موصله من ثلاث طبقات سم بصنعها إما من شريحة أو نفاثة واحدة من المادة شبه الموصله والتي تكون عادة من مادة السليكون بالرغم من أن مواد أخرى من صممت ، يحدد الخصائص والحلوم

تستخدم أيضا . ويعرف منطق الترانزستور الثلاث بأسماء الباعث والقاعدة والمجمع ، على التوالي ، وهي موضحة في شكل ٩ - ١ .

ويستعمل نوعان أساسيان من وصلة الترانزستور ثنائي القطب هما ترانزستورات سالب - موجب - سالب ( بي - م - سي ) ، و ترانزستورات موجب - سالب - موجب . م - سي - م . كما هو موضح في الشكل . والامتداد الطبيعي للسطح الحبيبيته المستعملة في تطبيق القدرة المحمصة صغيره جدا . مثلا نضع مساحة الأنواع السطحية  $7 \times 30 \mu m$  ، حيث  $1 \mu m = 10^{-6} m$  وبالمقطع : فإن الحجم الطبيعي لكتل الترانزستور يريد كثيرا عن ذلك . انظر شكل ٩ - ٢ .

لإمكانه سهولة التدوير . ولكي يمكن ادراك مدى صغر هذه الأبعاد بالنسبة لمقايير واقعيه ، فإن سمك صفحة هذا الكتاب يبلغ حوالي  $100 \mu m$  ومع هذا انقدر من الأبعاد ، تصبح مراقبة الحوادث أمرا صعبا جدا عند تصنيع الترانزستور .



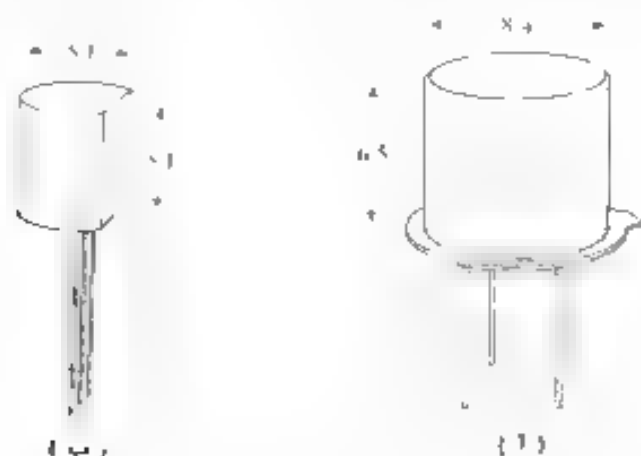
شكل ٩ - ١ رموز الترانزستور : ١ أسي - م - سي و ٢ بي - م - سي - م

هذا وسوف نناقش الأساليب المصممة للامتاج في الفصل الثاني عشر . ولا ينبغي أن ننسى أن هذا النوع من البنية القاعدية الترانزستور يمكن أن يكون سيئا رقيقا بقدر الإمكان ، فقد يصل هذا السمك : مقاسا بين الباعث والمجمع . إلى درجة من الصغر يعادل  $0.5 \mu m$  وعلى سبيل المبالغة . فلنذكر أن الطول الموجي للضوء الأخضر يعادل حوالي  $0.5 \mu m$  .

ويمكن وصف عمل الترانزستور بتعبيرين بسيطين : إذا تؤدي منطقة الباعث دور الباعث لحاملات الشحنة التي تحيى أحياء في منطقة المجمع . ويعمل منطقة القاعدة بدور الإلكترون الذي يحكم في تهيئة مسار المجمع . ومن المعلوم أن قرباتيه أنه يوصل التيار باسمه بالمعقيد . وسنطرح شرح مبسط لها في الفصل ٩ - ٢ .

1 يمكن ان يرجع القارئ الرابع في الحصول على معلومات تفصيلية  
الى كتاب *Integrated Electronics* تأليف *Millman and Halkias*  
الناشر : McGraw-Hill

ويمتدح تصميم الترانزستورات في مدى واسع من الاشكال الطبيعية  
الاشكال 6 - 9 - 2 في شكل 9 - 2 في شكل 9 - 2 في شكل 9 - 2  
يحكم اطلاق العتبة المصدية التي تشبه شكل القنبلة 6

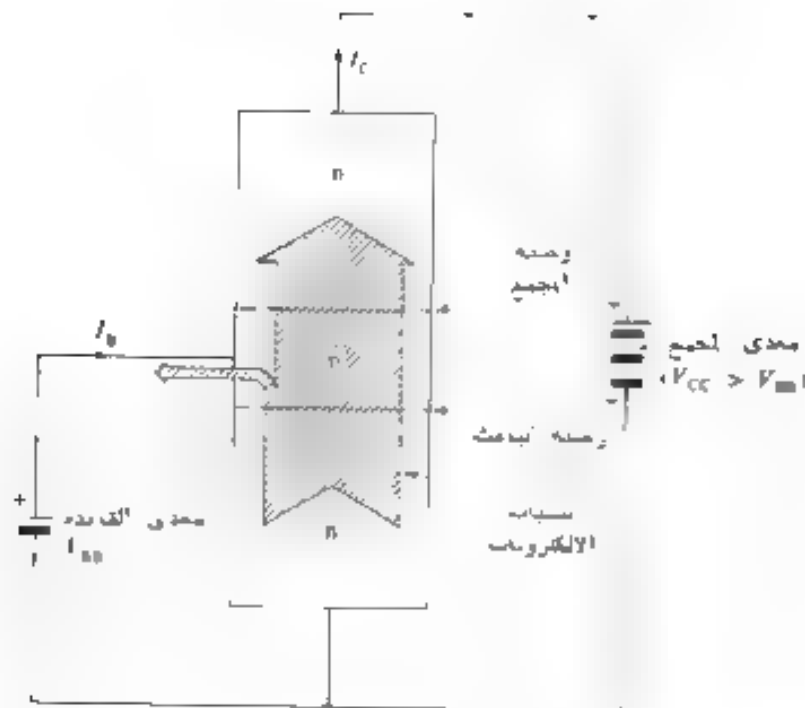


شكل 9 - 2 توصيلات الترانزستور 1 - عتبة مصدرة طراز TO-5 و 2 - ب 1 - احدى  
صور التوصيلة اللاصقة 1 جميع الامداد بالليتر .

ويمكن استحداثها في مدى واسع من درجات الحرارة تراوح عادة بين  
 $55^{\circ}\text{C}$  الى  $150^{\circ}\text{C}$  . اما النوع الثاني 9 - 2 في شكل 9 - 2 في شكل 9 - 2  
هذه توصيلة اللاصقة . فهو شائع جداً ويسمح في مدى واسع للمعدات  
الصناعية والمنزلية .

## 9 - 2 عمل وصلة الترانزستور

يمكن شرح عمل كل من وصلي الترانزستور في م - م - م والترانزستور  
م - م - م باستخدام فكرة سار الانساق ونسار الانساق اسي سبق  
الاتساق منها في الفصل الاول . ومعالج منطقة الباعث والمجمع ، في كلا  
النوعين من انواع الترانزستور باضافة مزيد من التوائب لكي تكسب  
موصلية عالية . ومعالج منطقة القاعدة باضافة قليله ، ويكسب موصلية  
منخفضة القوية . وسيخصص الوصف التالي لنوع الترانزستور م - م - م  
من . المبين في شكل 9 - 2

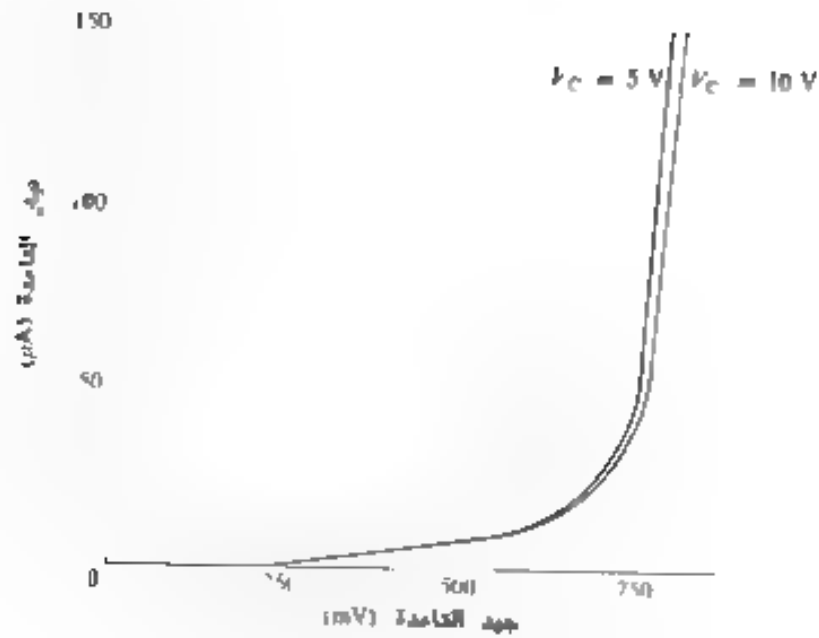


شكل ٩ - ٢ توصلة الباعث المشترك

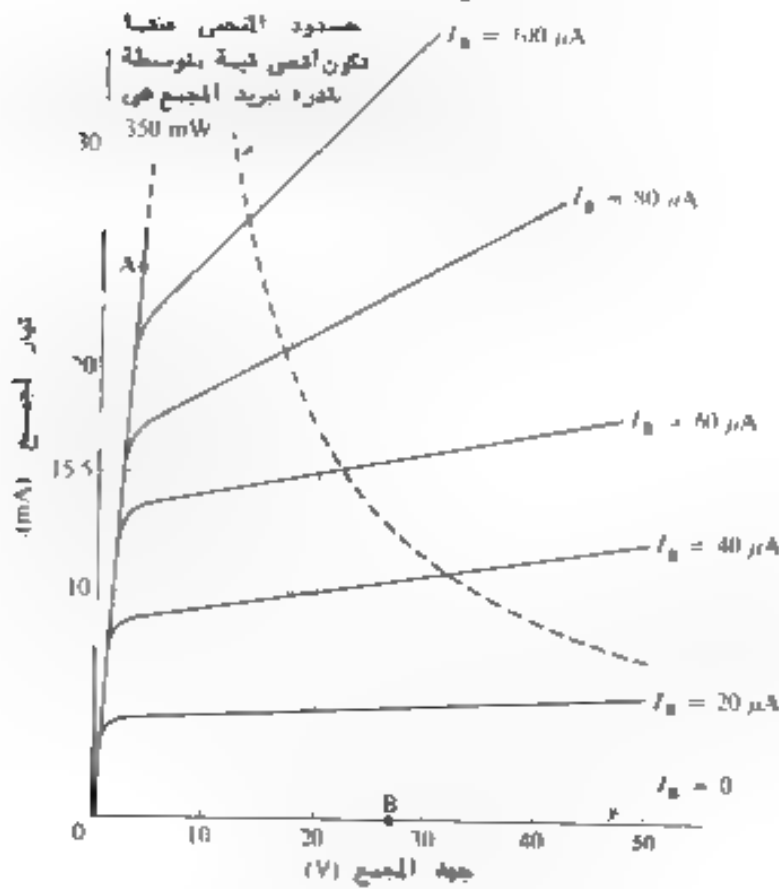
في احوال التشغيل العادية كمصدر تكبير ، يكون وصلة م - م من القاعدة الى الباعث ايجابية الانحياز . حيث توصل منطقة القاعدة من النوع - م للقطب الموجب للطارية  $V_{BB}$  . ويوصل الباعث من النوع - م للقطب السالب . وهكذا - يحدث انسياب التيار بين منطقتي القاعدة والباعث . وبما ان منطقة الباعث معالجة باضاثاق من الشوائب الكثيرة ، فان العرصة تصبح مهيدة تماما لانسياب الالكترونات الى منطقة القاعدة . وحيث ان توصلية منطقة القاعدة منخفضة القيمة . فان عددا قليلا يسيرا من الالكترونات العالمة للوصله يمكن من الانحد مع العدد الصغير من الحوات اساحه تقادره على الحركة في منطه القاعدة . وكسحه لذلك . يتواحد تركيز عال من الالكترونات في القاعدة | حيث يسير حملات الشحنة من الالكترونات هناك اقبه ويقوم مصدر الجهد  $V_{BB}$  بتعويض النقص في الحوات التي يكون قد احدث بالعمل مع الالكترونات في منطقة القاعدة نوع م - م . مما يؤدي الى مرور سار القاعدة للترانسستور .

ويريد قيمة جهد المجموع  $V_{CC}$  عادة عن جهد دائرة القاعدة  $V_{BB}$  مما يؤدي الى ان يصبح وصلة المجموع عكسية الانحياز ومع كل ذلك فان تركيز الالكترونات العاليه يسحب نحو الجهد الموجب المسيط على المجموع . ويصل الى منطقة المجموع معظم هذه الالكترونات . وقد وجد . في التطبيق العملي ان 99-99.9 في المائة من عدد الالكترونات الفاركة للباعث ، تصل معلا





[ أ ]



[ ب ]

شكل ٩ - الخصائص المميزة [ أ ] الدخل و [ ب ] خرج الباعث المتحرك

يستخدم المولسيترات الإلكترونية المعيرة بالحروف EVM في شكل ٩ - ١ لقياس الجهود في الدوائر حيث أن مقاومتها الداخلية كبيرة جداً (في العادة أكثر من 10 M) وتتحمل تياراً صغيراً جداً - وبمعنى النسبة السابعة هامة على وجه الخصوص في دارة القاعدة - لأن قيمة تيار القاعدة قد تقع في حدود بضعة وحدات من الميكرو سيكر فقط - فمجهزة القياس بالملف المحرك المتعددة تحتاج لكمية ملحوظة من التيار في العادة 25 mA التي بدورها تعطى انحرافاً غير مقبول في القياس .

يعين خواص الخرج أو خواص المجموع ما نسب لكل من تيار المجموع  $I_c$  وجهد المجموع  $V_c$  انظر شكل ٩ - ٥ ب - على أن يرسم كل معطى بممر لخرج عند قيمة ثابتة لتيار القاعدة - ويظهر خواص الخرج أن التزايد في تيار القاعدة يؤدي إلى تزايد في تيار المجموع - وهكذا - يمكن استحداث تيار القاعدة كوسيلة للتحكم في قيمة تيار المجموع - وعلاوة على ذلك يؤدي تغير معين في تيار القاعدة إلى تغير أكثر بكثير في تيار المجموع - معتمد جهد مجمع قيمته 20V في الشكل - يصبح قيمة تيار المجموع عند تيار قاعدة  $40 \mu A$  مساوية 10 mA . وعند نفس القيمة لجهد المجموع يصبح تيار المجموع 155 mA مع تيار قاعدة مقداره  $60 \mu A$  وبما أن القطب المتعقب يؤدي تغير في قيمة تيار القاعدة مقداره  $20 \mu A = (40 - 60)$  إلى تغير قيمته 5.5 mA (10-15.5) لتيار المجموع - ويعرف النسبة بين هذين التعبيرين في التيار كنسبة تيار الماعث المشترك في حالة الإشارة الصغيرة للترانزستور ويخصص لها الرمز  $h_{fe}$  ! لمعادلة أكثر شمولاً للترانزستور انظر كتابي Industrial Electronics وانما Advanced Industrial Electronics للمؤلف N. M Morris والناشر Mc Graw-Hill ومن ثم

التغير في تيار المجموع  
التغير في تيار القاعدة  $h_{fe} =$  عند قيمة ثابتة لجهد المجموع

$$275 = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}}$$

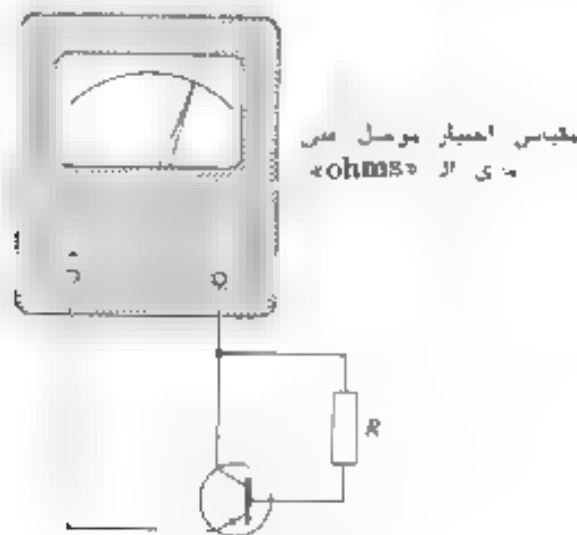
هذا وتشير القيمة المرتفعة للترانزستور  $h_{fe}$  إلى أن الترانزستور حساس بالنسبة لتغيرات إشارة الدخل - وهي خاصية مرغوبة في معظم التطبيقات - ومن الممكن أن يقع فيه كسب التيار في المدى من 20-900 حيث يرجع القيمة الأعلى لوحدة ترانزستور القدرة ويرجع القيمة الأعلى لوحدة ترانزستور المستخدمة في مكبرات الإشارات الصغيرة - وعلى سبيل المثال - قد يقع مدى كسب التيار في المدى من 20-70 - بالنسبة لكمر قدرة من الترانزستور قادر على تبديد 120W - بينما قد يكون كسب التيار واسع في المدى من 400-900 - بالنسبة لوحدة الترانزستور المستخدمة في المكبرات ذات الكسب العالي - وفي الحالة الأخيرة - قد يكون من المحتمل أن يكون فيه أقصى قدرة يستطيع السطه أن يتبدلها أقل من 0.4 W تقريباً .

وسلاحظ القارئ ان اسحبيات المبرء للجمع يساعد كل منها عن الاخره كلها فرائدب فيه جهد المجمع . ونعرف هذه الظاهره باسم « النثر المتكر » ويعود الى انخفاض حقيقى فى عرس القاعده كلها ارداد جهد المجمع . مما يؤدى الى زياده كسب اسار . وفي الاخوان العاديه . يعبر هذا الاثر عبر دى اهميه . الا انه من الممكن . فى بعض الاحوال . ان يسبب شوها فى اشارة الحسرج .

ونصف الدوائر . التى تستخدم وحدات الترانزستور على صوره الباعث المشترك . سببت يؤدى الى كسب اسار وكسب جهد وكسب قدره نعم على قدر كلف من الاربع وذلك بين دائرتى الدخل والخرج . وقد ادب هذه السبب الى ان اصعبت صوره الباعث المشترك اكثر توصلات الترانزستور انتشارا

معبد اجمالي قيمة جهد المجمع . فى العاده بين  $0.2V$  و  $0.5V$  . يؤدى ضلوط سار ماعده بقيم مسيره فى الترايد . الى ان يضع الترانزستور للعمل فى حاله تشبع يملأ النقطه A فى شكل ٩ - ١٥ ب . ملا انقص سار اتعاذه الى الصغر . ساقص فيه تار المجمع من الوجهه العمله . الى الصغر . ويقال ان الترانزستور اصبح فى حاله قطع . نملأ النقطه B فى شكل ٩ - ١٥ ب . وعند استخدام الترانزستور كمنحاج ١ نظر الفصل الحادى عشر . مانه يعمل عاده اما فى حاله تشبع لوفى حاله قطع .

ويوضح شكل ٩ - ٦ طريقه بسيطه لاختبار الترانزستور باستخدام مقاييس متعدد القياسات . فعند استخدام المقاييس على موال «ohms» . ستخدم البطاريه اداخله لجهاز الاختبار لقياس مقاومه الدائرة الخارجيه . بحيث يتصل القطب الموجب للبطاريه الداخله بطرف الجهاز



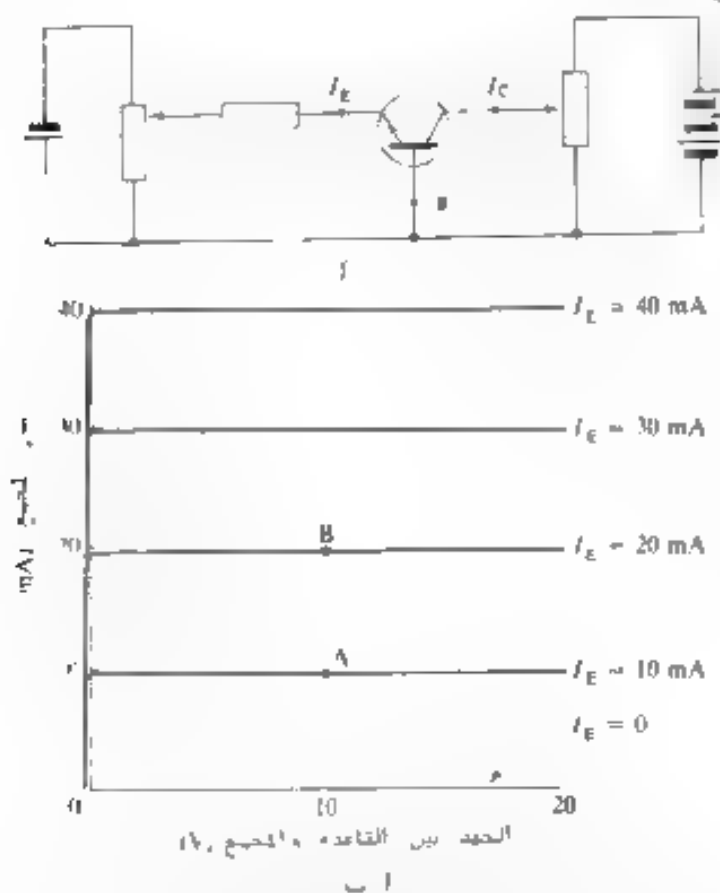
شكل ٩ - ٦ طريقه بسيطه لاختبار الترانزستور



عند علامه \* - فيما يتصل القطب الثالث منها بطرف الجهاز عند علامه \* + . أنظر أيضا الفصل السادس عشر . مادام تم توصيل بمقاومه  $R$  تقع قيمتها في المدى ما بين  $1\text{ k}\Omega$  إلى  $10\text{ k}\Omega$  بين القاعدة والمجمع لوحدة توافر سوليم . فإن المراءء المألوفة للمفاتيح ستحترق في المدى من  $15\text{ k}\Omega$  إلى  $5\text{ k}\Omega$  ويمكن أن يشير الجهاز إلى مقاومه مقدارها مالا يشبه إذا فصلت المقاومة  $R$  .

## ٩ - ٥ توصيلة القاعدة المشتركة

يوضح شكل ٩ - ١١ و صله ترانسفور بيانه القطب من النوع من - م - من في التوصيلة ذات القاعدة المشتركة . حيث يوصل الكترود القاعدة بالخط المشترك الذي يربط بين مستوى الدخل الباعث والخرج [ المجمع ] .



شكل ٩ - ١١ دائرة اختبار لتصين خواص توصيلة القاعدة المشتركة و ا ب محبوقة نظيدية لخواص خرج توصيلة القاعدة المشتركة

وعند محصن السدائره . يلاحظ ان كلا من تيارى المجمع والقاعدة يساوي في دائرة الباعث من ثم . يكون تيار الباعث

$$I_i = I_c + I_b \quad ٩ - ١$$

وتتخذ خواص الحرج للترانزستور في حالة القاعدة المشتركة ، يسميه عامه اسكالا شبه بحساب الموصحه في شكل ٩ - ٧ | ب ، ومن هذه الخواص الموصحه ، نجد ان تيار القاعدة يساوي  $40 \mu A$  أي  $0.04 mA$  عند تيار سبه تيار المجمع  $10 mA$  . وعند التعويض بهذه الارام في المعادله ٩ - ١ | نجد ان

$$I_E = 10 + 0.04 = 10.04 mA$$

اي ان سبه تيار المجمع تكاد تساوي بالتقريب ، قيمة تيار الباعث . وحيث ان تيار الباعث هو تيار الدخل للترانزستور وتيار المجمع هو تيار الخرج ، فان كسب تيار القاعدة المشتركة في حالة الاشارات الصغيره يكون

$$\frac{\text{تغير تيار الخرج}}{\text{تغير تيار القاعدة}} = \frac{\text{المعبر في } I_C}{\text{المعبر في } I_E}$$

بمجمع من الخواص المسببه في شكل ٩ - ٧ | ب ، ان معبرا مقدار  $10 mA$  في سبه تيار الباعث | من النقطه A الى النقطه B على المحصات | يحدث معبرا اقل في تيار المجمع . وبالتالي يقل سبه كسب التيار للقاعدة المشتركة قليلا عن الواحد . ويقع سبه كسب التيار المدروسة في المدى من 0.98 الى 0.999 .

وبالمسبه لتعريفات متعددة ، يعطى سمات المكبرات ذات الباعث المشترك عن مقبالاتها في المكبرات ذات القاعدة - مشتركة . ومع ذلك ، تتحدد دوائر القاعدة - مشترك عمدا من السمات التي يعطىها في مرصه اكر ملائمة في التطبيقات الخاصة والتي منها المكبرات عاليه التردد .

## ٩ - ٦ توصيلة المجمع - المشترك

يكرر استخدام وحدات الترانزستور في صورة المجمع - المشترك كمراحل المتتاليه بين الدوائر التي يوحد بينها اختلاف كبير في قيم المعاونه . وسوف نبدأ من التعريفات في الفصل الثالث عشر حيث نعرض هذه الصور بالتفصيل .

## ٩ - ٧ أقصى قدرة مبددة ومنحنيات العلاقة بين القدرة الكلية المبددة ودرجة الحرارة المحيطة .

القدرة الكلية المبددة  $P_m$  للترانزستور هي حاصل جمع القدرة المبددة في كل من المجمع والقاعدة . وبالرجوع الى دائرة اختبار الباعث ،

المشترك في شكل ٩ - ٤ . يصبح ابعاد الكتل المدة في الترانزستور هي

$$P_{tot} = I_C I_C + I_B I_B$$

وفي العادة ، تريد قيمة  $I_C I_C$  كثيرا من قيمة  $V_{CE} I_C$  وغالبا ما  
يعترض ان قيمة  $P_{tot}$  هي  $I_C I_C$  . وقد رسم المخطط الذي يماثل  
 $I_C I_C = 350 \text{ mW}$  على المحاور الممثلة للمعلمات المشتركة في شكل ٩ - ٥  
ب [ ] ويصبح من الرسم ان المخطط يمر خلال النقطة  $V_{CE} = 10 \text{ V}$  و  $I_C = 35 \text{ mA}$   
والنقطة  $V_{CE} = 20 \text{ V}$  و  $I_C = 17.5 \text{ mA}$  . الخ .

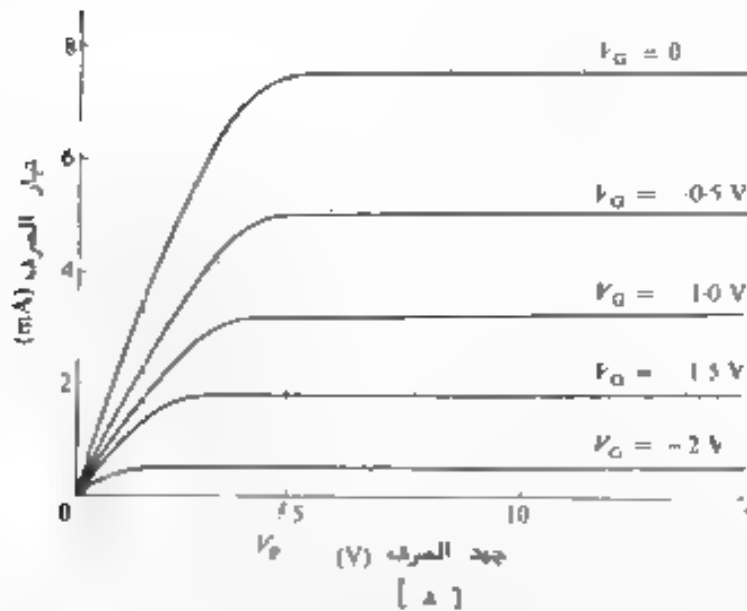
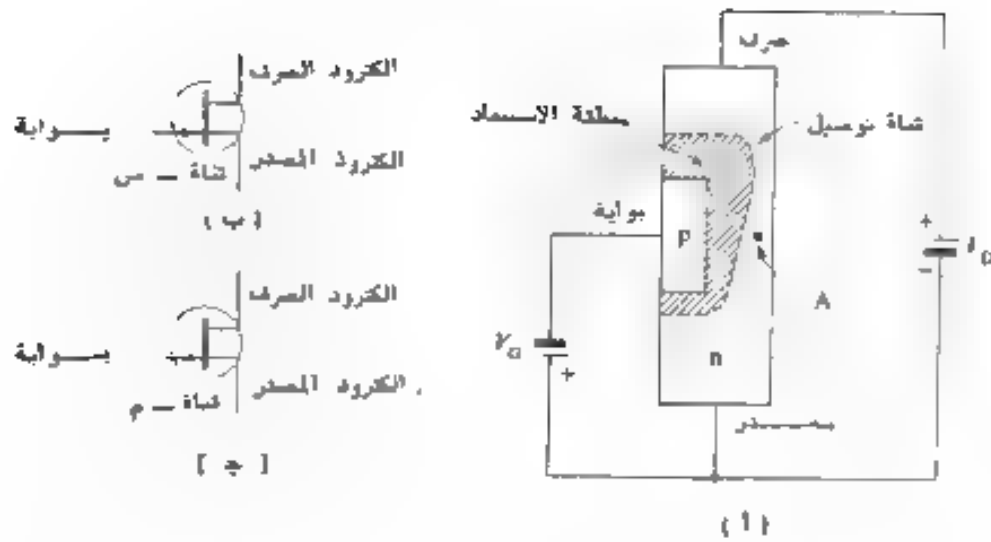
وعند درجات الحرارة المتزايدة يجب ان تنقص القدرة المدة في  
الترانزستور وتعطى المصانع منحنيات العلامة بين الفترة الكتل المدة ودرجة  
الحرارة المحيطة بوحدات الترانزستور واسى شبه صحة عليه المنحنيات  
الحاصلة بالوصلات الثنائية [ انظر شكل ٨ - ١٢ ] .

## ٩ - ٨ ترانزستورات التأثير المجالي

يمكن اعتبار وحدات ترانزستور التأثير المجالي (FETs) ، في معظم  
الاحوال ، وكلها بسط جهدية التشغيل ، حيث ان قيمة المعاوقة الداخلة ،  
كما في بنية المصدر المشترك ، انظر شكل ٩ - ٨ ، وعند ترددات التشغيل  
المعتادة ، تكون كبيرة بالدرجة التي لا تسحب معها ، من الناحية العملية ،  
اي تيار من مصدر الإشارة ، ويمكن تقسيم وحدات ترانزستور تأثير المجالي  
مجموعة اجمالية ، التي طمست لها ترانزستورات الدسر المجالي ثواب  
البوابه الموصلة (JUGFETs) ترانزستور التاثير المجالي ثواب  
البوابه الموصلة (IGFETs) او ترانزستور الدسر المجالي من اشياء  
الموصلات الاكسي معدنة (MOSFET)

## ٩ - ٩ ترانزستورات التأثير المجالي ثواب البوابه الموصلة

يمكن شرح عمله عمل ترانزستور التأثير المجالي ذي لبوابه الموصلة  
بالرجوع الى شكل ٩ - ٨ ، ان نحوى البنية قصيا او قناه ذات مقطع  
مائل على شكل حرف ب من المادة نوع - س مع منطقة البوابه من المادة  
نوع - م التي استشرت بها ، وبالمثل ، معرف نوع ترانزستور التأثير  
المجال الموسع في الشكل ترانزستور التأثير المجالي ذي البوابه الموصلة  
قناة - س ويكون الوصلة - س من البوابه - الى القناة ، في احوال  
التشغيل المعتادة ، عكسه الانحياز ، ومنذ منطقة الاستنفاد الموصلة في  
شكل ٩ - ٨ [ ١ ] داخل قناة التوصيل ذات النوع - س ، ويحدث انصباب  
التيار بين الكروبي المصدر والصرف عند نهاية القناة .



شكل ٩ - ١ أ. شطخ خلال ترانزستور التأثير المحلي ذي البوابة الموصلة بمقناة - س  
 مع كل من أ ب قناة - س و ج قناة - م ، د مجموعة الخصائص المميزة  
 الخارج لمقناة - س

وحيث أن ترانزستور التأثير المحلي في شكل ٩ - ١ أ هو نميطة  
 مقناة - س من حيث التيار يكون سبيحة لتحرك الإلكترونات بين المصدر  
 والمصرف وبالتالي يوصل الكروود المصدر بالقطب السالب للبطارية .

يوضح شكل ٩ - ١ ب الرمز الاصطلاحي لدائرة ترانزستور التأثير  
 المحلي ذي البوابة الموصلة بمقناة - س ، ويس الخط الذي يصل بين المصدر  
 والمصرف ووجود قناة توصيل طسعة بينهما عندما تكون قيمة جهد البوابة  
 مساوية للصفر ويوضح اتجاه السهم عند توصيلة البوابة إلى وصلة البوابة

أى - القناة يساهم في ضغطها وحمله الدايود م - س الساتيه ، حيث يكون اتجاه السهم من المادة نوع - م الى المادة نوع - سى ، كما هو الحال احب لوصلة الدايود م - س لساتيه .

أما في اسلطة ذات القناة - م - انظر الزمر في شكل ٩ - ٨ [ ج ] ، مثل قناة التوصيل تتكون من مادة نوع - م - ويتم استقشار منطقه النوايه من نوع - س داخل المعدن . ومن حالة اليليط ذوات القناة - م ، تكون مضطه الحرف ساليه ، ويكون قطبية جهد النوايه موجبة ، وذلك بالنسبه الى الكترود المصدر .

تظهر اساقه - سى من برانرسبور التأثير المحالى دى النوايه الموصله اذاعامل من تنطه القناة - م عند الترددات العاليه ويكثر استعمالها .

ان اكثر دوائر برانرسورات التأثير المحالى شيوعا هي التى فى صور **المصدر المشترك** . شكل ٩ - ٨ . حيث يودر الكترود المصدر بالحط المشترك الواصل بين مصدرى الدخل والخرج ، ويوضح شكل ٩ - ٨ [ د ] بحيث حواص خرج المصدر - المشترك وتتواحد قناة توصيل بين المصدر والحرف عديم يكون جهد النوايه لبرانرسور اسير المحالى دى النوايه الموصله بالقناة - م مساويا للصفر ( انظر شكل ٩ - ٨ [ د ] ) . وعند قيم جهد امل من  $V_p$  **جهد نهاية التعبير** يوداد سى الحرف بالنظام معقول من زياده جهد الحرف ، ومن هذه المنطقه من التحيات المعيرة - بصرف برانرسور السير المحالى كما لو كان معاومه جسمه ، وفى بعض الدوائر ، مستخدم وحدات برانرسور التأثير المحالى فى هذه المنطقه من الخصيات وتوصف على انها **معلومات تأثير التعبير** .

ويصبح مسار الحرف ثانيا على وجه التقريب غير معتمد فى قيمه على جهد املع وذلك بعد قيمة معينة لجهد المعرف  $V_p$  ، وبمعد السبب على سحر شكل لخصه الميرد لا سى ، فمع جهد للنوايه مساوى للصفر . واذا كانت قيمه جهد السيه  $A$  من القناة ( انظر شكل ٩ - ٨ [ د ] )  $+4V$  بالنسبه للمصدر ، على الوصله م - س بين النوايه والقناة تصنع عكسية الاحياز معيه تدرها  $4V$  وتتواحد منطقه استبعاد عند الوصلة ، فاستقرار زياده جهد الحرف يؤدى الى زياده جهد امقطه  $A$  ، وممها - يرداد على منطه الاستبعاد ويؤدى ذلك ، بدوره ، الى انقاص عرض قناة التوصيل

ومن النهاية - م الوصول الى النقطه اى تكون عندها منطه الاستبعاد متاد بعدد غير عرض القناة الكلى لصغر من مسار التيار الى عشاء ١ ميلم ١ رمو . ويحدث هذا عند مساوى قيمه جهد الحرف مع جهد نهاية التعبير

$V_p$  . ول يستطيع يدار الصرف، ان يستمر من الريادة معد الوصول لهذه القيمة من جهد الصرف .

بإذا ما تم تسليط الجهد  $V_0$  ، على النواة بحيث تكون الوصلة من النواة — الى — المصدر عكسية الانحياز ، أى ، تسليط جهد سالب لعناء — من لترانزستور التأثير المحالى ، فان بدايه جهد بهله التعبير نحدث عند قببه اصغر لتيار الصرف . فإذا كانت قيمة  $V_0$  كبيرة بدرجة كافية ، فمن الممكن ان يسبب قطعا تام لتيار الصرف . ولهذا ، يصنع من الممكن استخدام ترانزستور التأثير المحالى ذى النواة الموصلة كمفتاح الكترونى .

ويصرف ترانزستور التأثير المحالى ذو النواة الموصلة سلكى الذكر على انه سطة استبعاد . حيث ان ريده جهد النواة تقلل او تفسد قيمة تيار الصرف .

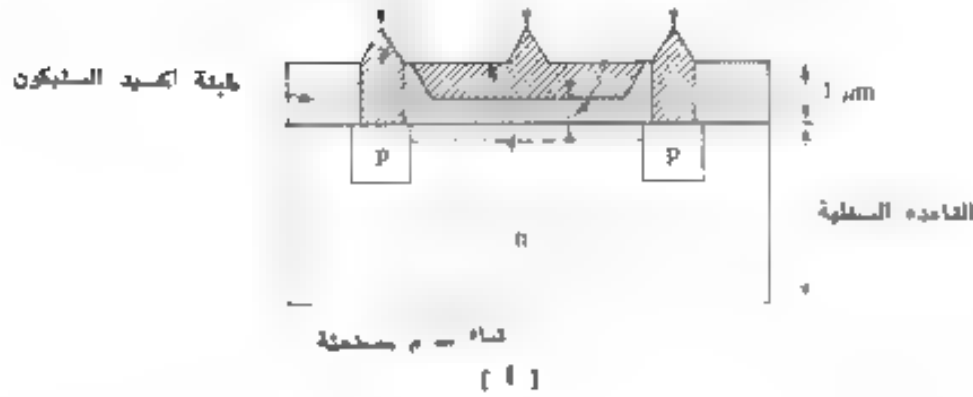
تدور دائرة الدخل بين النواة والمصدر لترانزستور التأثير المحالى وكانها دايود عكسي الانحياز ، وذلك عند ترددات الاشارة المنخفضة . ومعنى آخر ، فانها تدور كمقاومة ذات قيمة عالية جدا ، وذلك بالنسبة الى الدائرة الخارجية تقع عادة بين  $10^9 \Omega$  الى  $10^{11} \Omega$  . ويعتبر اداء وحدات ترانزستور التأثير المحالى ذات النواة الموصلة ، عند الترددات العالية ، اقل حسودة ، بصفة عامة ، عن وصلات الترانزستور ثنائية القطب . ويرجع هذا ، اساسا الى التأثير السعوى المقترن بالانحياز العكسي من النواة — الى الوصلة لدايود الدخل . لذا ، يكثر استخدام وحدات الترانزستور ثنائية القطب من دوائر الترددات العالية جدا . وبطرا للقيمة العالية هذا لمقاومة دخل وحدات ترانزستور التأثير المحالى بوات النواة الموصلة ، عند الترددات المنخفضة ، فقد حل محل وصلات الترانزستور ثنائية القطب ، بالنسبة للدوائر التى تصبح اقمنة العالية لمقاومة الدخل امرا حيويا ، كما فى حالة الاحرة الالكترونية على سبيل المثال .

ونستخدم ايضا ترانزستورات التأثير المحالى ذوات النواة الموصلة فى صورة نواة مشتركة ومى صورة مصرف — مشتركة ، علما بان الصورة الاخيرة سوف تناقش فى الفصل الثالث عشر .

## ٩ - ١٠ ترانزستورات التأثير المحالى ذوات البوابة المعزولة

يحفظ تركيب ترانزستورات التأثير المحالى ذوات البوابة المعزولة عن تركيبية وحدات ترانزستور التأثير المحالى ذوات الموصلة من حيث ان منطقة النواة تكون معزولة كهربائيا عن قناة التوصيل . يوضح شكل ٩ - ١ [ ١ ] مقطعا لى قناة — م لترانزستور التأثير المحالى ذى البوابة المعزولة . وسوف يلاحظ القارىء

مسواقي  $0.4 \mu m$  موصلات من الألومنيوم  
صريف إيسوابة ، مصدر

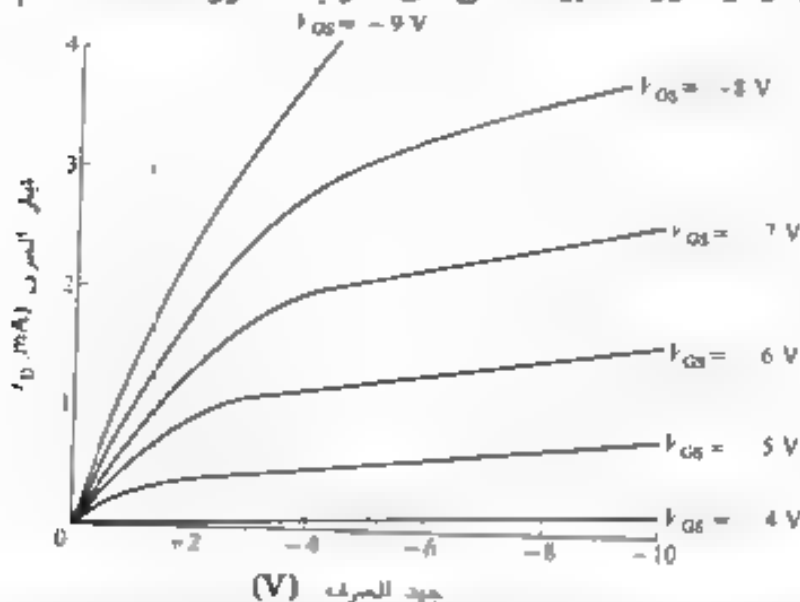


شكل ٩ - ٩ [ ١ ] مقطع من تركبة قناة - مثنى الموصلات الأكس معدنية - وعزل [ب] توازي محور التيار المحلي من أشباه الموصلات الأكس معدنية لو قناة - م [ ٢ ] توازي محور التيار المحلي من أشباه الموصلات الأكس معدنية لو قناة - م .

أن الكترود النوايه - والذي سحد شكل طبقة من الألومنيوم - يحزل عن قناة التوصيل في المادة بواسطة طبقة رقيقة جدا من أكسيد السليكون ، «الرحاح» ومكون كل من الكترودى الصريف والمصدر على شكل دلوين من الماء نوع - م المنتشرة في القاعدة السفلية من نوع - م .

وعزل المصدر عن الصريف عندما نساوي قيمة جهد النوايه - الى - المصدر الصريف ، بحيث يصبح انسياب التيار بينها مستقيلا . نادا ما تم تسليط جهد سالب على الكترود النوايه ، تنجذب حاملات الشحنة ذات الاقلية نوع - م من القاعدة السفلية نحو الحانب السفلى من الطبقة الاكسيديية والتي تقع تحت الكترود النوايه مباشرة . وعند قيمه معينه لجهد النوايه يعرف باسم جهد العتبة  $V_T$  ، يكون عددا كافييا من حاملات الشحنة نوع - م قد مراكم أسفل الكترود النوايه ليكون قناة توصيل بين المصدر والصريف وقد وصحت كثافة مستحثة من نوع - م في شكل ٩ - ٩ [ ١ ] ، وتقع قيمة الجهد  $V_T$  بين  $2V - 5V$  . فاذا رانفت القيمة السالبة لجهد النوايه

عن  $V_T$  ، ترددات تيار الصرف ويوضح شكل ٩ - ١٠ مجموعة تقليدية لخواص ترانزستور التأثير المحلي ذي البوابة المعزولة بالقناة - م .



شكل ٩ - ١٠ المنحنيات المبررة لفروج دائرة مصدر مشترك في ترانزستور التأثير المحلي - من اتجاه الموصلات الاكسي معدنية ذي القناة - م على التسق التقديمي .

ونعرف مثل هذه التهيئة على انها ترانزستور التأثير المحلي ذات النمق التدعيمي ، حيث تؤدي زيادة جهد البوابة الى زيادة او تدعيم لتيار الصرف .

وسلاحظ القاري ، انه بالمطر الى ان قناة - م قد اسبخت في السطحة تحت الاعشار ، على المستويات تستخدم كحاملات للشحنة بين المصدر والصرف . وبالتالي ، يوصل الكثرود المصدر بالقطب الموجب للمصدر وتوصل الحرف بالقطب السالب .

وبصرح حالياً ترانزستورات التأثير المحلي ذات البوابة المعزولة بالقناة - م ، الا ان تكنولوجيا تصنيع نطاق القناة - م تعتبر اكثر تقدماً وكثيعة لذلك ، يشيع استعمال النوع الاخير بدرجة اوسع . هذا ويعتبر الالكترونيات الرقبيه محالاً اساسياً لاستخدام وحدات ترانزستور التأثير المحلي ذات البوابة المعزولة .

سلاحظ القاري ، ايضاً من شكل ٩ - ١٠ [ ١ ] ، ان الحرف بين البوابة والقناة يتكون من تركيبة معدن - اكسيد - شبه موصل . ومن هذا تعرف وحدات ترانزستور التأثير المحلي ذات البوابة المعزولة ايضاً باسم وحدات ترانزستور التأثير المحلي من اشياء الموصلات الاكسي معدنية .

وحيث ان طبقة الاكسيد فوق بوابة ترانزستورات التأثير المحلي من اشياء الموصلات الاكسي معدنية تكون رقيقة جداً ، لذلك فمن الممكن ان يتلف



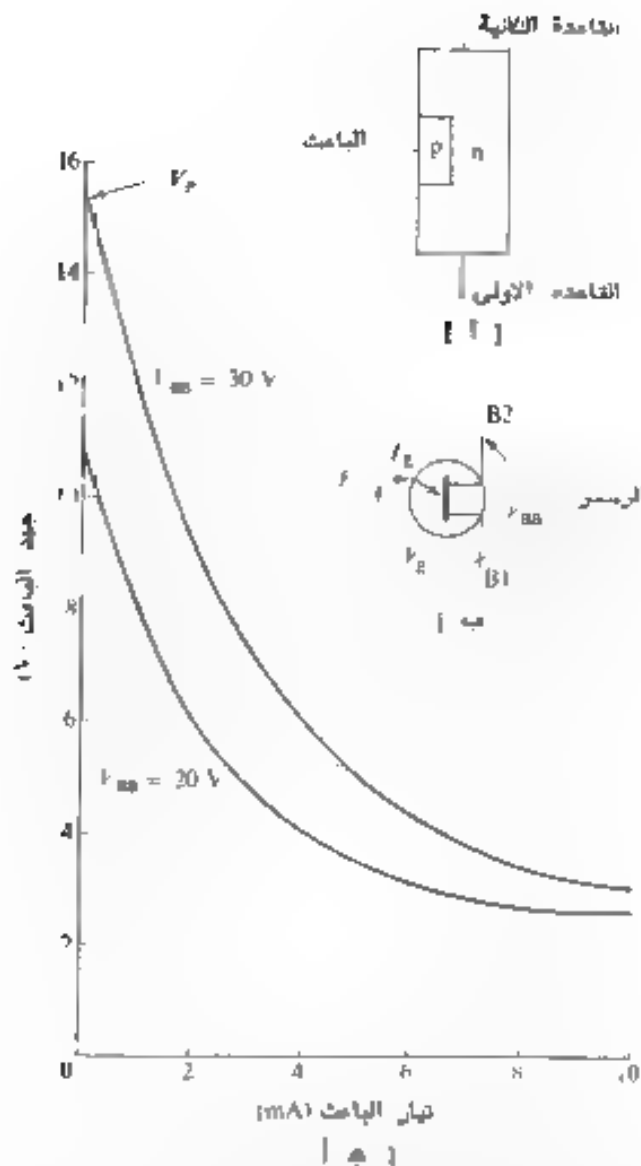
نهائيا عند تسليط جهد منخفض نسبيا عليه . وتقع القيمة المعتادة لجهد الانهيار في المدى ما بين 30V الى 100V هذا ومن الممكن تسليط مثل هذا التوتر من الجهد بمساحة من ابعاد الشحني للسطح ، وليس أمرا غير مألوف أن يبرأكم موق الأسفل جهود استاتيكية يزيد عن 20 000 V . إذ يمكن توليد جهود استاتيكية بالاحتكاك بين البطء والأشياء الأخرى مثل الملابس والمواد ومقصده العمل ، الخ . مخزن معقول المشي بولد شحنة استاتيكية . وعلاوة على ذلك ، يحزن الشحنة في جسم الأسفل ، لأن الجسم يكون معزولا عن الأرض بالحذاء وعطاء الأرض . وكقاعده عليه شحن جميع بيلتظ أثمانه الموصلات — الأكس معبئه من المصنع بعد معطيه أطرافها بمطاط موصل بهاده ملاسيك بحيث يكون جميع أطراف الإلكترونيات عند نفس الجهد تقريبا . ولا يسمى برع هذه المادة حتى يتم تركيب البيلت في الدائرة وفي بعض الدوائر المنطقية . توصل النواة عن طريق وحدات الدايتود عكسية الانحياز بطبيعتها ، التي كل من الأرض وخط التغذية . ماذا حدث وأن وصلب النواة عن غير قصد إلى مصدر جهد استاتيكي . يصبح واحدا أو أكثر من وحدات الدايتود أمان الانحياز من الاتجاه الأمامي مما يؤدي إلى تفريغ مصدر الطاقة الاستاتيكية .

## ٩ - ١١ ترانزستور احادي التوصيل

لا يعتبر الترانزستور احادي التوصيل . يصنع قاطعة . كترانزستور ولكنه دايتود مزدوج القاعدة . ويمكن شرح فكرة عمل النشطة بالرجوع إلى شكل ٩ - ١١ ويوضح الرسم ١١ من هذا الشكل إحدى صور تركيبه الترانزستور إذ يتكون من قضيب من مادة اثناء الموصلات نوع — سي — مع وصلة — سي في اثناء مركز القضيب وتعرف المنطقة — باعث الترانزستور احادي التوصيل . وتعرف التوصيلتين إلى بهلبي القضيب بالقاعدة الأولى (B1) والقاعدة الثانية (B2) ، على التوالي وفي حالة عدم وجود اثناء عند الباعث ، تقع قيمة المقاومة فيما بين القاعدتين  $R_{BB}$  بين B1 و B2 في المدى من  $4\text{ k}\Omega$  إلى  $12\text{ k}\Omega$  . وتعرف الجهد بين B1 و B2 بالجهد فيما بين القاعدتين  $V_{BB}$  وتقع قيمة الجهد المقاس بين B1 ونقطة دخول الباعث في القضيب بين  $0.4V_{BB}$  و  $0.8V_{BB}$  ويعرف معامل  $V_{BB}$  المعطى عالياه بالنسبة الذاتية المعادة ورمزها  $\eta$  .

وعندما تقل قيمة جهد الباعث  $V_E$  عن  $\eta V_{BB}$  ، تكون الوصلة م — سي بين الباعث والقضيب عكسة الانحياز . ولا يمر في الباعث سوى جبار تسرب ضئيل جدا . وعند زيادة جهد الباعث إلى النقطة التي تصبح عندها الوصلة م — سي أمامية الانحياز ، تقل المقاومة بين الباعث و B1 إلى شيء منخفض . ويعرف هذا الجهد في هذه الحالة بجهد التقله الدروية  $V_P$  ، والذي يوضحه شكل ٩ - ١١ | د | على منحنى الخواص . وبين الشكل أيضا الخواص عند قيمتين للجهد  $V_{BB}$  وفي كل حالة .

$$V_P \approx \eta V_{BB}$$

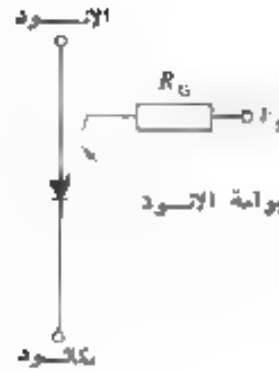


شكل ٩ - ١١ الترانزستور أحادي التوصيل [١] ، إحدى صور التركيب ، ١ - ١ : رمز الدائرة و [٢] منحنيات الخواص الأساسية

يستخدم الترانزستور أحادي التوصيل بشكل كبير في دوائر ومولدات السمات . انظر أيضا الفصل الثالث عشر [١] .

## ٩ - ١٢ الترانزستور أحادي التوصيل القابل للبرمجة (PUT)

في الحقيقة ، ليس الترانزستور أحادي التوصيل القابل للبرمجة ، بسيطة أخرى من النوع الموضح أعلاه في الفصل ٩ - ١١ ، ولكنه ترانزستور منخفض القدرة يستخدم للأغراض العامة [١] انظر أيضا الفصل الخامس عشر [٢] ، وتشبه خواص هذه البنية بعضة احتمالية الخواص الموصلة في شكل ٩ - ١١ . وعند مقارنته بالترانزستور أحادي التوصيل التقليدي فإنه يعطي عدة مميزات تشمل إمكانية تغيير قيمة  $\beta$  أي قابلية للبرمجة [١] ، وتيار تسرب منخفض القيمة وجهد انهيار مرتفع القيمة .



شكل ٩ - ١٢ رمز دائرة الثنائي في دوائر الترانزستور أحادي التوصيل قليل المرحلة .

يوضح شكل ٩ - ١٢ الرمز المستخدم لدائرة الترانزستور أحادي التوصيل القابل للمرحلة . ويشترك مع أنواع سائط الترانزستور في أنه سيطرة من لشياء الموصلات ومن أربع طبقات نوع م - س - م - س . وان التيار في حالة مروره يسحب من الأنود إلى الكاثود وبحكم أو سرجع بمقدار الجهد الأنود الذي يبدأ التوصيل عنده بواسطة الجهد  $V_g$  المسط على بوابة الأنود . وبهذه الكمية ، يمارس التحكم من خلال القيمة المعطاة

## ٩ - ١٣ نظم ترقيم التبيطة

توجد أنظمة كثيرة لترقيم سائط أشياء الموصلات وسنوضح النظم الأساسية منها فيما يلي :

كان النظام الأوروبي القديم مبنياً على الصمام الترميوس وبمصر المجموعة الأولى من الأرقام عن جهد المحس ، وبالنظر لأن أشياء الموصلات لا تحتاج إلى تسخين ، مالفية المعطاة لهذه المجموعة بمعنى أن تكون صفراً .

وبوضح نوع السطة بالحروف الانحدية - «A» للدايود | صمام ثنائي | ، «C» للصمام الثلاثي ... الخ . يوحد اصا حروف اصافيه مثل «P» للتأثير الضوئي أو لنباط الاشعاع الحسابه للصوء و «R» للمقاومه الصوتية للمواد شبه الموصلة ... الخ . هذا ويعطى المجموعة الاخيرة من الأرقام رتبة تسجيل السيطه . وهكذا ، ما 28 OC هي سيطه صمام ثلاثي شبه موصل ، أي ثنائستور برقم تسجيلي 28 .

أما النظام الأوروبي الحديث أو نظام موالكترون PRO Electron System من النباط تعرف بحرفين يعقها اعداد سلسلة وقد تتكون الاعداد المسلسلة من ثلاثة ارقام او من حرف واحد ورقمين ويفسر الحرفين الاولين كما يلي :

## الحرف الاول يشير الى نوع المادة المستخدمة :

- A — حرمانيوم
- B — سيليكون
- C — رينجيد الحالوم
- D — اسيويد الانديوم
- R — سائط لاسخوى على وصله مثل خلية المقاومة الضوئية .

## ويوضح الحرف الثانى التطبيقات العامة للبيانات :

- A — دايود اشارة
- B — دايود متغير السعة
- C — ترانزستور ترددات سمعية منخفض القدرة
- D — ترانزستور قدره للترددات السمعية
- E — وصله ثنائية مفتحة
- F — ترانزستور ترددات الاملكى راديو منخفض القدرة
- G — سبط معدده غير متشابهة
- L — ترانزستور قدرة للترددات الاملكية
- N — رابط صوتى
- P — سبط حساسه للاشعاع .
- Q — سبط توليد الاشعاعات اى دايود الانبعاث الصوتى
- R — سبط تحكم منخفضة القدرة
- S — ترانزستور اتصال — فصل منخفض القدرة
- T — سبط اتصال — فصل منخفض القدرة
- U — ترانزستور قدرة اتصال — فصل
- X — دايود مضاعف
- Y — دايود قسرة
- Z — دايود زينار

وتحوى الاعداد المسلسلة ثلاثة ارقام، اى BC147 و BF194 عندما يتعد استخدام السائط للاغراض الاستهلاكية اى الراديو والتلفزيون والمعدات السمعية ... الخ . اما عندما يقصد استخدام السائط فى الصناعة والاعمال المتخصصة وفى معدات الارسال ، فانها تعرف برقم مسلسل يتكون من حرف واحد ورقمين مثل BFX30 و BSS27 .

ويهىء نظام التروالكترى ايضا وسيلة لتعريف المجموعات الفرعية باضائه عدد مسلسل آخر بحيث يفصله عن العدد الرئيسى الاول شرطه . فعلى سبيل المثال ، تعرف السيطه تحت رقم BTY79-600R على انها ثايرستور سيليكونى ، تحت رقم سبيل Y79 ، قيمة اقصى تروء للجهود العكسي المتكرر هى 600V . ويشير الرمز «R» الى التوسيلة العكسية للسيطة اى ان التروء هو انود الثايرستور .

وترقم معظم سائط أشباه الموصلات الأمريكية تبعاً لنظام JEDEC [ المجلس المشترك لمهندسي التباط الإلكترونية ] . وفي هذا النظام يعطى الرقم الأول عدد الوصلات م -- من من السبطة أي «I» الدايسود . «2» للترانزستور الباعث ثنائي القطب و «3» للثايرستور ولترانزستور الباعث المزدوج ... الخ. ويتبع هذا الرقم الحرف «N» ثم رقم التسجيل . فالنسبة التي أرقامها 2N2027 هي ثايرستور ذو وصلتين ثنائيتين ، وكان قد سجل برقم 2027 .

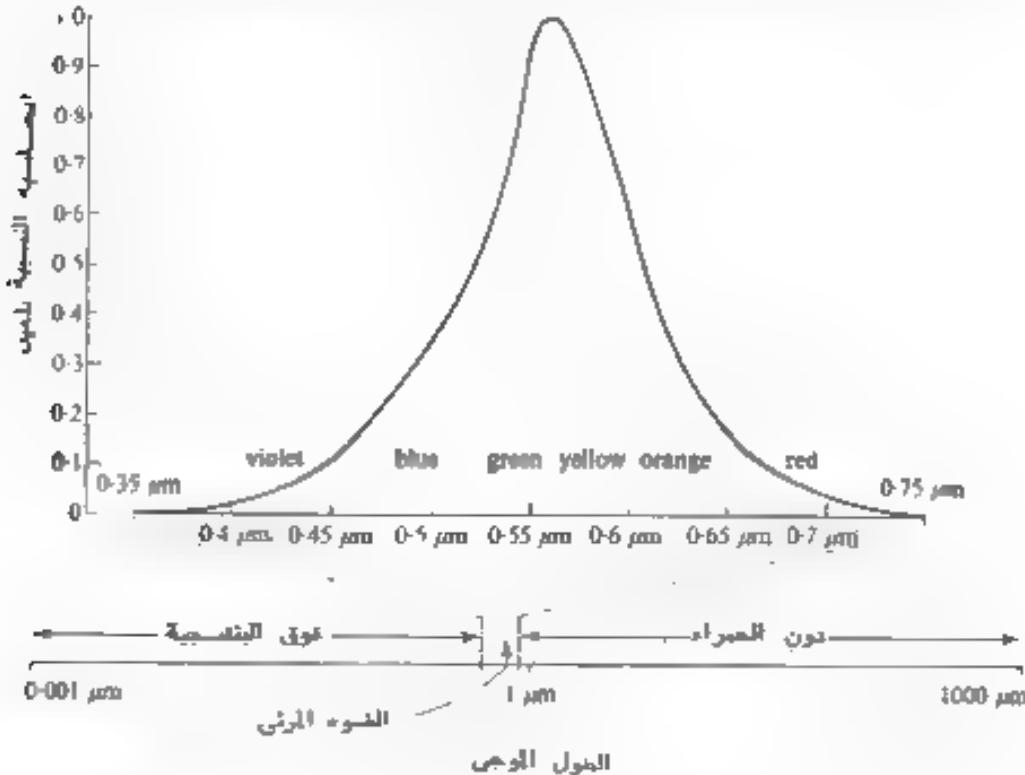
## الفصل العاشر

### الالكترونيات الضوئية

يطلق اسم الالكترونيات الضوئية على عدد كبير من النماط الحاصلة للضوء [ ولاشعاعاى اخرى ] ، وسائط الانبعاث الصوتى [ اى نقطت مشعة للضوء واشعاعات اخرى قريبة من الاشعاعات المرئية ] .

#### ١٠-١ الطيف الكهرومغناطيسى المرئى

تشارك كل من الاشعة الصوتية واشعة الراديو والتليفزيون واشعة اكس والاشعة الكونية من انها جميعا اشعاعات كهرومغناطيسية . ويمتد الطول الموجى للضوء المرئى من حوالى  $0.35 \mu m$  [ بنفسجى ] الى حوالى  $0.75 \mu m$  [ احمر ] كما فى شكل ( ١٠ - ١ ) .



شكل ١٠-١ نطاق موضع العلاقة بين شدة الاشعاع والصفة النسبية لعين الانسان

وتعرف الأطوال الموجية المتصر من  $m \ 0.35$  بالأشعاع فوق البنفسجية وتعرف الموجات الأطول من  $m \ 0.75$  بالأشعاع دون الحمراء .

المس . كما هو الحال مع الكواشف الأخرى للأشعاعات ، غير متساوية حساسية العين لجميع الترددات ، وهي أكثر حساسية للون الذي يبلغ طوله الموجي حوالي  $m \ 0.55$  ويوضح شكل ١٠ - ١ ، المنحنيات التي تبين حساسية العين التقريبية للأشعاعات الواقعة في الطيف المرئي . ويستطيع اللون الذي يراد تحقيقه في بعض اللحظات أن يحدد ما . ولتأخذ في الاعتبار حالة مصباح قسلة المتاحسون الموهجة . حيث يشمل خرج هذا النوع من المصباح كل الأطوال الموجية المرئية ولكن معظم قدره الخرج تقع في المناطق الحمراء أو دون الحمراء والاحيرة عبر برئنه . ويقوم العين بالنور الذي يؤدي إلى إحراج حل وسط ، لذلك يظهر المصباح للاتصال بلون في منطقة الأصفر - أحمر من الطيف .

وتتبع أكثر استجابه لبعض أنواع كاشفات الأشعاع في المنطقة دون الحمراء وتستخدم حيث تكون هذه الخاصية ذات فائدة . وعلى سبيل المثال في نظم كشف أحمال شملة العلانة وفي نظم الإنذار ضد السرقات وفي الطيران وفي نظم السواريج الموجهة .

إن السرعة التي تنحرك بها الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ هي  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  أو  $1800 \text{ miles/s}$  وتعتبر حداً من  $m \ \mu s \ 1$  أو  $ft \ \mu s \ 1$  ويمكن الحصول على تردد الأشعاع بالهرتز من المعادلة

$$f = \frac{3 \times 10^8}{\text{الطول الموجي بالمتر}} = \text{التردد هرتز}$$

وكمثال ، التردد لطول موجي قدره  $0.75 \mu m$  هو

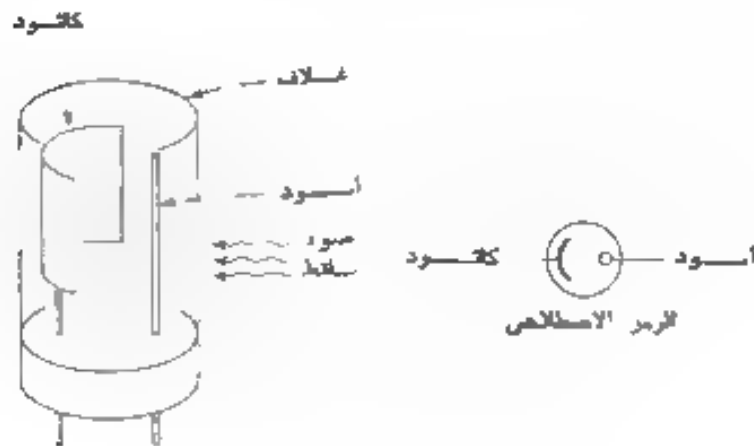
$$f = \frac{3 \times 10^8}{0.75 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

## ١٠ - ٢ خلايا الانبعاث الصوتي ( الخلايا الصوتية )

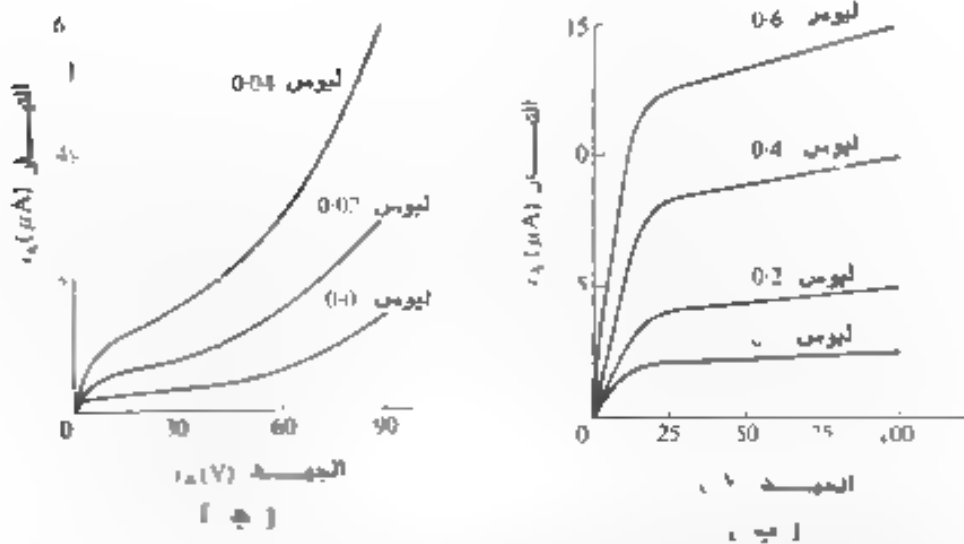
للحلية الباعثة للكثرونات محب تأثير الصوت أو للصمام الصوتي ، كاثود سمك الإلكترونات بطلانة ، عند تعرضه لأشعاع بالتردد الصحيح ويوضح شكل ١٠ - ٢ أ التركيب واحدة من هذه الخلايا الصوتية . والكاثود مساحة كبيرة لكي يستقبل الأشعة الملقطة ، لها الأنود فهو بمساحة عباره عن قضيب . يتوقف التردد الذي يصح عنده استجابة السطحة أكبر ما يمكن على المادة المصنوع منها الكاثود . فلبعض المواد استجابة طعمه قريبة من استجابة عس الإنسان بينما للبعض الأخرى فائدة أكثر في المنطقة دون الحمراء .

ويتم تشغيل الخلية بجهد موجب للأنود كما هو موضح في شكل ١ - ٢ .  
وتتجمع الإلكترونات المنبعثة من الكاثود المعرض للضوء بواسطة الأنود .  
ويؤدي أي تغير في شدة الإضاءة إلى تغير التيار المصاحب خلال الخلية .  
ويؤدي هذا بدوره إلى تغير الجهد بين طرفي المقاومة  $R$  ، ويكبر هذا الجهد  
بدائرة الكترونية مناسبة ليُعطي إشارة مرتبطة بشدة الإضاءة .

ويوضع الكاثود والأنود داخل غلاف من الزجاج أو الكوارتز ، قد يكون  
مفرغاً أو ممتلئاً بالغاز .

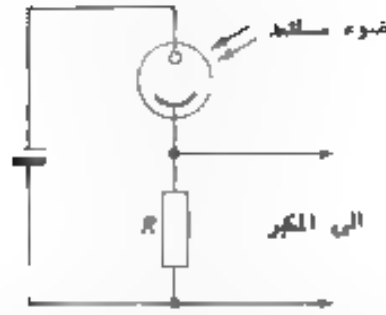


[ ٢ ]



شكل ١ - ٢ (أ) إحدى صور الخلايا الضوئية ، (الخطية المبززة في ب) ، للخصائص المرفقة  
وفي [ ج ] للخصائص المنحنية بالخط .





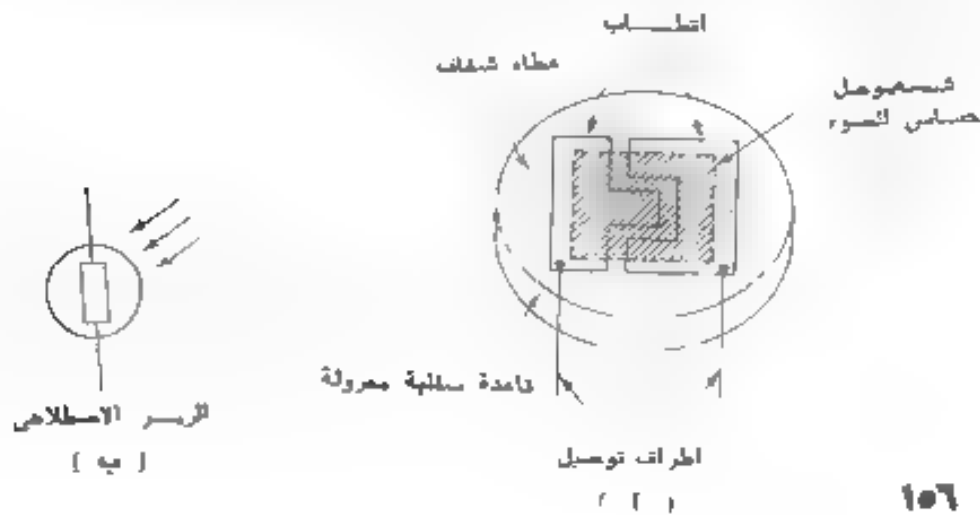
شكل ١ - ٢ دائرة تستخدم خلية صوتية .

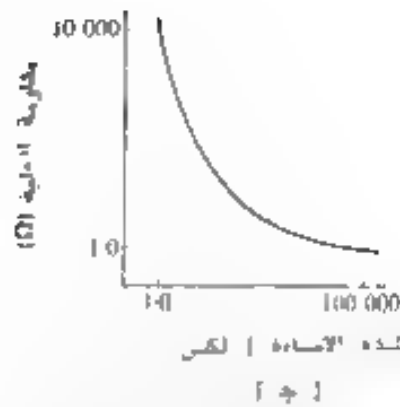
تكبر حساسية الخلايا العازية ، بالنسبة للاشعة الصوتية ، حساسية الخلايا المفرعة بحوالي سبع الى تسع مرات ، وبهذا الحساسية السبية للخللايا العازية في الانحصاص بمعدل سريع عند تغير اعلی من حوالي  $2\text{ KHz}$  لتردد الصوت . ويوضح شكلا ١٠ - ٢ ا ب و د ، الخواص الانشائية لخليتين صوتيتين متماثلتين ، احدهما غزيرة والآخرى مفرغة . وعند هذا الحد . يجب الا يغفل ذكر شيء عن وحدات الاصاءة بالمعنى الصوتي هو كمية الطاقة الكلية للاشعة الصوتية المرئية المنبعثة من مصدر صوتي في وحدة الزمن ، واللبوم هو وحده قياس المعنى على احد المحورين . انظر شكل ١٠ - ٢ [ د ] ، علما بان وحدة الاصاءة هي لكس وهي تساوي لبومين للمتر المربع .

وتستخدم الخلايا الصوتية منذ بداية اكتشاف الالكترونات على نطاق واسع في أنظمة صناعية متعددة وقياسات [ اجهزة قياس ] . ومع ذلك فقد حل محل هذه الخلايا في محالات كثيرة سائط اخرى ستوضح فيما يلي :

## ١٠ - ٢ خلايا التوصيل الصوتي

كما استعرض في الجزء الاول من الكتاب ، عندما تيمض مادة شبه موصلة داخيا كمية من الطاقة ، فان ارواحا من الالكترونات والفحوات تنولد داخلها بمعد تفرغيه . فلذا ريدت كمية الطاقة المتصلة مثل عدد ارواح الالكترونات والفحوات الحرة تزداد . ويكون التأثير النهائي على المادة هو





شكل ١-٤. أ. تركيب خطي توصيل صوتي، ب. زهر الطلقة، ج. بعض الفواص البيولوجي لخلية توصيل صوتي

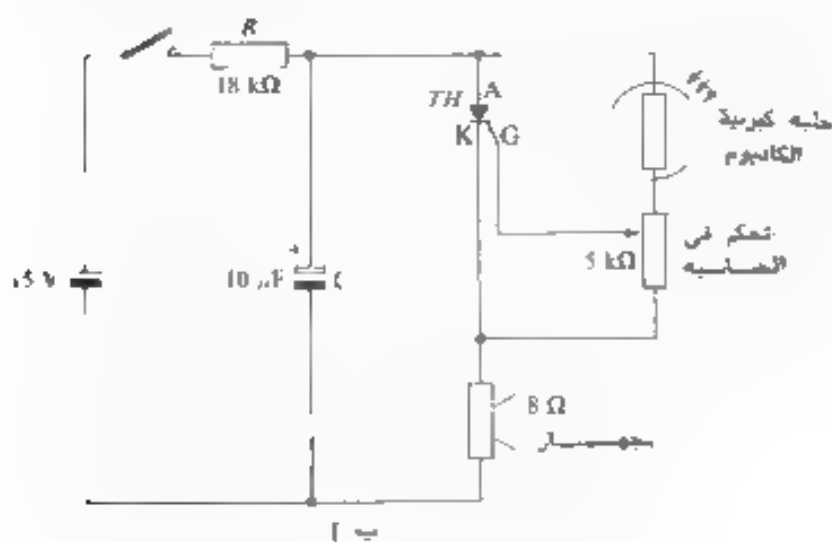
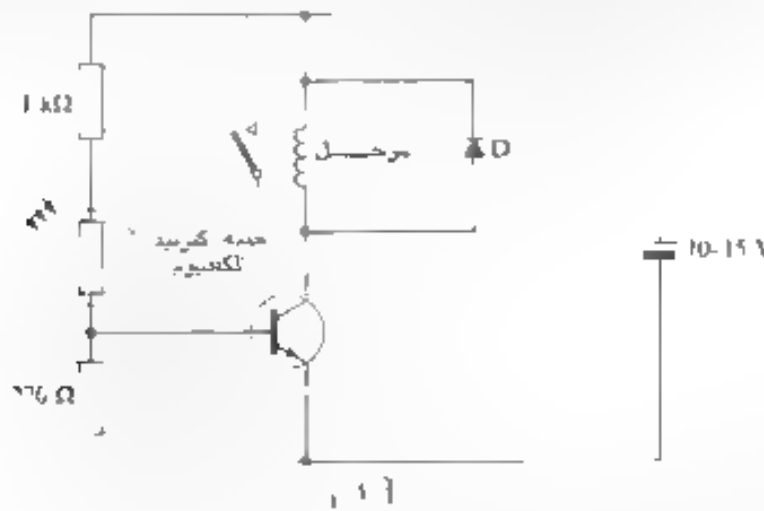
ربادة موصليتها أو نقص في مقاومتها الكهربائية . ومصدر الطاقة في خلايا التوصيل الصوتي هو الضوء والاشعاعات القريبة من المرئية .

يستعمل المبدأ الشعبة موصلة كبريتيد الكاديوم (CdS) على نطاق واسع في خلايا التوصيل الصوتي ولها استجابة طيفية بواضع ملتقريب عين الإسبن ويستخدم خلايا كبريتيد الكاديوم في المطبوعات التي يمكن الإسبن من حساسات مسبوكة الأصداء وعلى سبيل المثال في دوائر التحكم الصوتية ونواثر كشف الدخان ... الخ . ولواحد شمة موصلة أخرى مثل كبريتيد الزرنيخ واسموييد الانديوم حساسية أكثر للاشعاعات المحصورة على بسنه عاليه من الأشعة دون الحمراء .

ويوضح شكل ١-٥ أ. تركيب شكل واحد من خلايا كبريتيد الكاديوم ويقع قطر الخلية عادة في المدى من 1 cm إلى 0.4 in 2.5 cm إلى 1 in) والجزء الفعال من الخلية هو عبارة عن عشاء إلمام من مادة شمة موصلة موضوعة فوق قطبين شمة كل منهما شكل المسرحية وحجمها مداخل علامت شغاف . ويوضح الشكل ١-٥ أ. ج. إلمام حوامس هذه الخلية ، ويسمى مقاومة الخلية من قيمة تزيد عن 100 kΩ في الظلام إلى حوالي 1 Ω عند الأصداء الكامله .

و يوضح شكل ١-٥ ب. دايربين يستخدم فيهما كبريتيد الكاديوم مثل ORP12 معى الشكل ١-٥ أ. تستخدم الخلية في دائرة انحصار مكرر الترحيل الزيلاي أو يكون مقاومة الخلية عاليه عندما يكون غير مضاء . في هذه الحالة . يكون فيه تيار القاعدة من الناحية الواقعية مساوية للصفر ويكون المرحل في حالة عدم تشغيل . وعند أصداء الخلية تنخفض مقاومتها إلى مسه صغيره وهذا يسمح لتيار من تيار القصد والمجمع بالإرسال حتى يعدى المرحل بالطاقة ويطلق الدائره عندما يلامس اطرافه . وبمجه عمل الدايود D المبرع بواربا مع ملف المرحل هو وقته الترانزيسور من رباده عبارة للحدود عند انخفاض تيار الملف بطريقة مباحبه ينتجه لانخفاض مباحه في مستوى الأصداء .

وسنستخدم إشارة الخطر - الصوتية المبينة في شكل ١ - ٥ [ب] ،  
 بسيطة لم نعرض لها حتى الآن . وهذه البسطة هي التيرستور والمبينة بالرمز  
 TH في الدائرة . وسنغطي هنا سائنا مختصرا عن عمل البسطة . وسنعرض  
 لها بموصل أكثر من الفصل الخامس عشر . التيرستور هو بسطة موصل  
 وموصل [ ممحاج ] شبه موصل تتحكم فيه مقاومتها بين الأتود والكاتود .  
 | موصحه بالرمز A و K في الشكل عند سلبط تيار على أنبواه | كما  
 هو موضح بالرمز G في الشكل . ويمكن لهذه البسطة أن تعمل بحرد  
 لفصل تيار الأتود إلى شبه منحصره حدا أقل من حوالي 12 mA .  
 ومبينة التيرستور في أدائره المبينة شكل ١ - ٥ ، ب . هي مفرع  
 المكثف نصفه دوريه ويعمل الدائرة بالطريقة التالية . تكون مقاومة حليه  
 كبريد الكاديوم عالية عند عدم اصاعتها ويكون الجهد السلبط على سواه  
 التيرستور من الناحية الواقعه عديم القيه . وسبحة لذلك لا يطلق  
 التيرستور إلى الموصل في حالة الطلام وبشخص المكثف إلى القيه المبنيه



شكل ١ - ٥ تطبيقات خلافا التوصيل الصوتي : أ : دائرة محرك لرحل و ب : جهاز انداز صوتي .

تجهذ المصدر . وعند سقوط الضوء على حليه كبريتيد الكاديوم ، منحصر المقاومة ويسبب التيار من يوانه انمايرسمور . عند حدوث ذلك يبدأ الثايرسمور من التوصليل ويسبب تفرغ المكثف معدل مربع خلال الجهار مما يؤدي الى احداث طعطمه . ويحدث ان ينتهي المكثف من التفرغ . معنى قيمة التيار المار من الثايرسمور انى مستوى أقل من القيمة القائمة عندها يتوقف عن التوصليل . بعد ذلك . يبدأ المكثف فى الشحن من جديد خلال المقاومة R . عندها يسيل الجهد بين طرفى المكثف الى قيمة كبيره تدريجه كانه . من التيار المساب خلال حليه كبريتيد الكاديوم الثايرسمور للتوصليل من جديد ويفرغ المكثف مره اخرى . ويحدث طعطمه اخرى فى الجهار وهكذا تصل الاضاء الى مستوى معين تعطى الجهار سلسله من الطقطقت ومن الممكن ان يصير معدل تفرار الطقطقه صغير منه المقاومة R او المكثف C كما يمكن ضبط حساسه الدايود للاضاء بواسطة مقياس الجهد  $5\text{ k}\Omega$  . ويحب الاهتمام والتأكد من ان قيمة جهد المصدر لا يزيد عن معدل جهد المكثف.

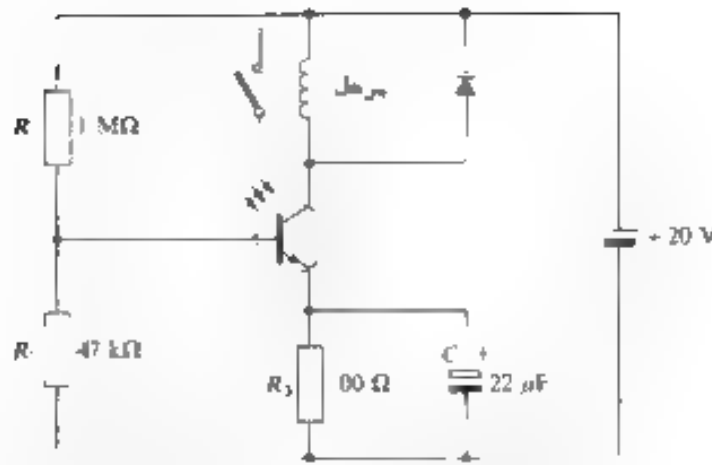
## ١٠ - ٤ وحدات الدايود الضوئية

الدايود الضوئى هو وصله ثنائيه م - م داخل غلافه قعحه او عدسه لكي تسمح بسقوط الضوء على الوصله م - م . ويتم تشغيل وحدات الدايود هذه تحت حالات الانحياز العكسي . بحيث يمر بمرحرد بيار صغير جدا خلال الدايود عندها ينخفض مستوى الاضاء - وعند زيادة شدة الاضاء يزداد انسياب بيار السرب للدايود . ويستخدم بيار السرب هذا لبيان شدة الاضاء الواقعه على الدايود

ومن الجدير بالذكر . ان وحدات الدايود الضوئيه حمله لكل من الاشعاعات المرئيه والاشعاعات الفريسه من نور الحمراء . وسنحسب هذه السائط للضوء الذى يصير او يعبر شدة عند ترددات عاليه جدا

## ١٠ - ٥ الترانزستور الضوئى

نعرض منطقه القاعدة للترانزستور الضوئى لتأتى النقطة للاضاء الساقطة منحرر هذه الطاقه الضوئيه حاملات الشحنة من منطقه القاعدة ، فيزداد بيار القاعدة نتيجة لهذا انشاز . ويزداد بيار مجمع الترانزستور بازدياد شدة الاضاء وتبلغ حساسيه الترانزستور الضوئى المستخدم للاغراض العامه حوالى  $500\text{ mA}$  لكل لومين . وبالصافه الى ذلك ، يمكن استخدام التوصليل بمنطقة القاعدة لاجراض الانحياز كما هو موضح فى شكل ١٠ - ٦ .



شكل ١- ٦ دائرة ترانزستور صوتي للتحكم في المرحل ١ التولاي ١

والدائرة الموصحة في الشكل السابق هي من دوائر المرحلات المحرصة صوت والتي تستخدم معرقا ، من هذه الدائرة يستخدم المقاومات  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  مع المكثف  $C$  لأغراض الانحياز والاستقرار الحراري ، ويوضح في المعادلات عشر لزوم استخدام هذه المكثفات ، وعندما نحقق مستوى الإضاءة تصبح قيمة التيار خلال ملف المرحل صغير ومطل طرعا المرحل غير متلامسين ، وعند ارتفاع مستوى الإضاءة ، يزداد التيار الترانزستور إلى قيمة تؤدي إلى إغلاق المرحل ، ومن الممكن استخدام ترانزستور BPX25 الذي يحوي على عدسات مركبة داخل الغطاء المحيط لمركز الضوء ومسير BPX29 ترانزستور مكانها كبديل آخر له شباك واضح ويوصل الدايود على التوازي مع ملف المرحل لوقائه الترانزستور من الجهود العالية عندما تتغير قيمة تيار المحرك بمعدل سريع لانخفاض مستوى الإضاءة عنه

ويصنع مادة عزل النواة للترانزستور ذي التأثير المحلي (FET) بالنواة المعزولة بحيث يكون شعاع الضوء ، فإن الطاقة الصوتية من إلى القاعدة السفلية وتؤدي إلى تحديد حاملات الشحنة من القاعدة السفلية ، وهذا يؤثر من إمداد موصلة قبة الموصل التي من المصدر والبالوعة مما يؤدي إلى أن يصبح تيار المحرك مرتبطا بشدة الإضاءة ،

## ١٠ - ٦ وحدات الثايرستور الصوتية

لعلك تذكر أن الثايرستور الذي سبق وتعرضنا له باحتمال في الحر ١ - ٣ ما هو نمطه الكهربية مستخدم للتوصيل الكهربائي عسك سلط تيار دعى إلى قطب مواسها ، تنطلق وحدات الثايرستور الصوتية للتوصيل عند السماح للضوء الساقط أن يقع على منطقة النواة لهذه السطبة ،

## ١٠ - ٧ خلايا الجهد الضوئية أو الخلايا الشمسية

- عند تعرض دايود صوئي معزول للضوء ، يصدر في .د.ك بين طرفيه ، أي أن . الدايود مد حول أنطاقة بصوئيه مباشرة الى طاقة كهربائية . وعند استخدام ادايود الصوئي على هذا الموال فانها تعرف باسم خلية الجهد الضوئية أو الخلية الشمسية . يمكن توليد جهود تصل الى  $0.5\text{ V}$  لكل خلية بهذه الطريقة .

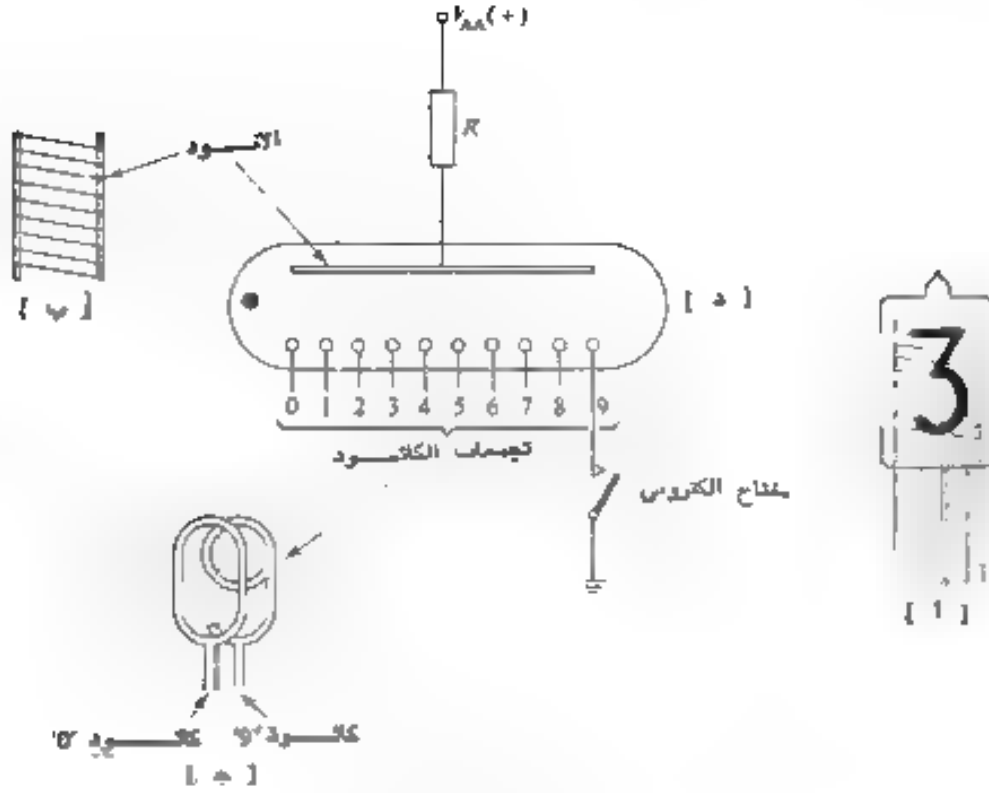
وتشمل تطبيقات خلايا الجهد الضوئية معالسن مدد التعرض للموجعرامى للضوء والشريط المخرم وقارنات الطلقات وتطبيقات المضاء .

## ١٠ - ٨ نبائط الانبعاث الالكترونى بتأثير الضوء

سبق أن ناقشنا فى الأجزاء السابقة نطائقا كبيرا من النبائط الحساسه للضوء ونوجه انشاء القارىء الآن الى نبائط الانبعاث بتأثير الضوء التى تحول الطاقه الكهربائيه الى طاقه صوتيه . اد يستحل هذه النبائط ابداء من المعبله ويوزع العرص ووحدات دايود القنف الصوئى . وسوف تعرض ايضا لوصف بعض النائل البلورى بالرغم من عدم كونها وسائل عرض بتأثير انبعاث الضوء .

## ١٠ - ٩ أدوات عرض الكاثود البارد ( الفلزية )

يمتد صمام الكاثود البارد العازى واحدا من الأنواع الثلاثة من صمامات المس الرقوى ويوضح شكل ١٠ - ٧ أ . نوعا من التركيبات البنية . اد يصمم الصمام أنودا على شكل الشبكة السللكه من النوع المس فى شكل ١٠ - ٧ [ ب ] والذى يوصل الى جهد الموجب للصدر  $V_d$  عن طريق المقاومه R انظر شكل ١٠ - ٧ [ د ] . ويكاد اسود الشبكة السللكه أن يكون مرتلفا احوال التشغيل الماديه . وبصطف تحمعات الكاثود على شكله الأرقام 0,1,2, 7,8,9 كل على حده وراء بعضها البعض كما هو موضح بالرسم [ د ] . ويتم تثبيت الانود وتحمعات الكاثود داخل غلاف زجاجى ممتلىء بالغاز . مع وضع نقطة عند نهاية الطرف الاسر لمرر دائرة [ الرسم د ] للإشاره الى حقيقة امتلاء الصمام بالغاز ، ويستعمل غاز النيون حتى يعطى اللون الاحمر - البرتقالى المميز للكاثود المضاء . هذا وصاء كاثود واحد فقط لكل مرة متوصيله بحط جهد الصفر عن طريق ممحاح الكترونى متصل كما فى شكل ١٠ - ٧ [ د ] بالقطب رقم 9 .



شكل ١٠ - ٧ صمام عرض رقمي مملوء بالغاز

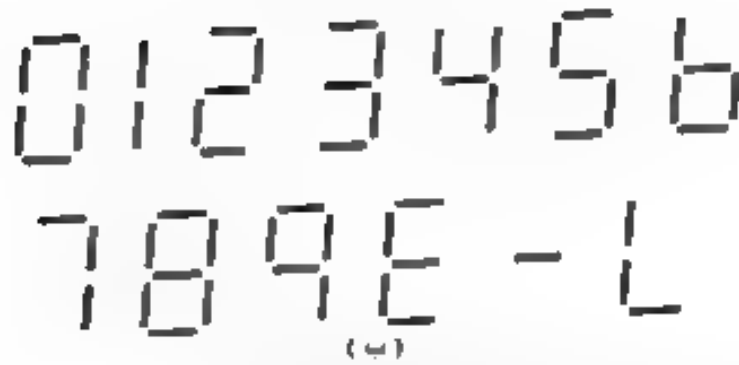
وعندما يصاء واحد من تجميعات الكاثود ، ينخفض فرق الجهد بين طرفي الصمام الى قيمة من الجهد تعرف باسم جهد المداومة للصمام وهو يبلغ عادة 350V عليا وان قيمة الجهد  $V_{AA}$  تقع في المدى ما بين 180V أو 300V لذا القيم المعتادة للمقاومة R بالنسبة للقيم المختلفة للجهد  $V_{AA}$  فهي 16 k $\Omega$  مع 180V و 33 k $\Omega$  مع 250V و 47 k $\Omega$  مع 300V

وعيوب مثل هذا النوع من وسائل العرض ، بالمقارنة مع بعض الأنواع الأخرى ، هي :

- [ أ ] صغير زاوية المشاهدة
- [ ب ] الحاجة الى قيمة عالية لجهد الاتود
- [ ج ] تراقص الأرقام أياها وحلف عند تغير الأرقام السريع أثناء قطع عملية العد .

## ١٠ - ١٠ فتائل عرض الأرقام

لن أكثر أنواع فتائل العرض شيوعا والتي تستعمل مع المعدات والحاسبات الالكترونية هي وسائل عرض الشرائح السبع والتي تتضمن سبع فتائل منفصلة من 8 الى 8 كما في شكل ١٠ - ٨ [ أ ] . ونكتب هذه الفتائل على لوحة متصلة داخل غلاف زجاجي .



شكل ١٠ - A أبسط العرض الرقمي بسبع شرائح .

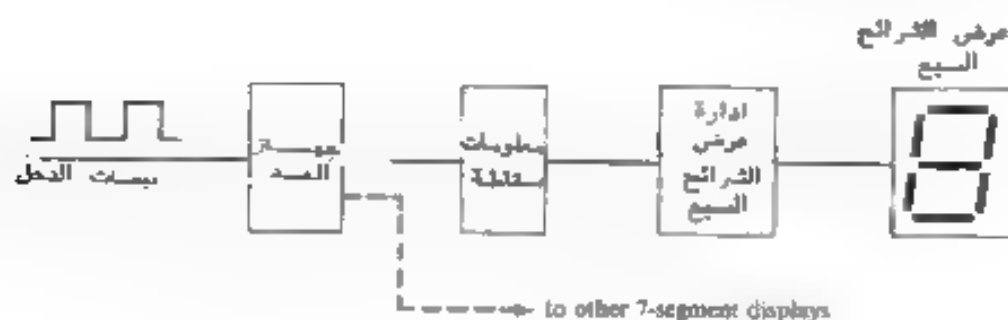
يمكن الحصول على عروض مختلفة بأصاءه مجموعته من هذه الفتائل ( انظر شكل ١٠ - A ب ) . بالعبارة اشكال الاولى خاصه بالارقام العشرية من 0 الى 9 . ويستخدم رمز الحرف E أحيانا كرمز مختصر في الحسابات الالكترونية لوضع أن العمليات المحراء خارجة عن نطاق هذا المقياس . ومن الممكن أيضا تكوين حروف أبجدية أخرى مثل حرف B إذا أصنفت القطع f و e و d . ويمكن استخدام حالة العرض الأخيرة B لتبيان أن جهد المسح يخصص بالنسبة للمعداد . تعطي أصاء القطعة g مفردتها إشارة سلبية .

والابعاد القياسية لفتائل العرض تتمثل في أبعاد من 20 mm — 6 (0.4 — 0.6 in) ويمكن أن سم تشغيلها على جهود في المدى ما بين 4 v الى 6 v كما أن مسار السحب تقل قيمته عن حوالي 10 mA ويمكن تشغيل هذا هذا النوع من وسائل العرض مباشرة بنظام منطقية رقيقة الكلفة وبصنع وسائل العروض الكثيرة بأبعاد يبدأ من حوالي 100 الى 200 mm 2.5 الى 5 in ومعمل على جهد تبلغ قيمته حوالي 15 v .

ويوضح شكل ١٠ - ٩ الدائرة الأساسية اللازمة لعرض رقم مفرد باستخدام شبكة الشرائح السبع الفائرة . ونستخدم الدائرة لعقد توليد النصف من مصدر اشارات من الممكن أن يوضع . مثلاً ، على خط إنتاج . ويعرض رقم النصف الناتج على صمام الشرائح السبع . وتحتل الدائرة المبينة أساساً لاشكال متعددة من عروض الشرائح السبع مثل وسائل عرض



وحدات دايود العنكب الضوئي (انظر الجزء ١٠ - ١١) لها النسخة المكتوبة عليها معلومات سقاطه (data latch) فهي تبسطه احسارية رائده وليست ضروريا لعمل النظام. انها تبسطه نحضر معلومات الحالة السابقة للمعداد خلال الرمز الذي بعد ميه الدائرة مجموعة الانتاج التالية . لذلك فتمنح تسمح للقيم السابقة ان يحسب لتعطى عرض مستقراً او عرضاً بصوء غير واضح لحين ان تكتبل مجموعة الانتاج التالية .



شكل ١٠ - ٩ فكرة نظام عرض رقم مفرد بسبع شرائح .

وبعد اتمام مجموعة الانتاج ، يولد العداد نبضة لتسمح لقيم جديدة ان تحول الى معلومات سقاطة يمكن ان تعرض حينئذ على الصمام ويمكن للعداد حينئذ ان يبدأ مباشرة اعاده عمله عليه العد لمجموعة الانتاج التالية . ولكي يمر سار محاسب لتشغيل الفتائل تحقق دائره تعرف بتشغيل الشرائح المسع بين الدائرة المنطقية وبسيطة العرض .

ومن سمات هذا النوع من شرائط العرض انه بالنظر الى نشاط المسطح المركب فل زاوية المشاهده عريضة وفي حدود 150° .

## ١٠ - ١١ دايود الانبعاث الضوئي (LED)

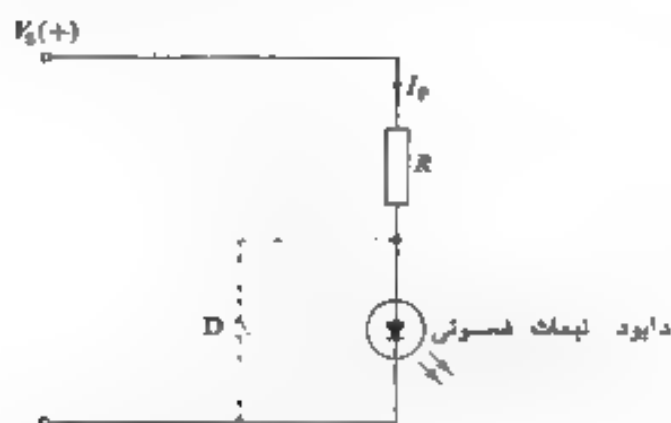
دايود الانبعاث الضوئي هو وصلة ثنائية من مادة شبه موصلة تمتعضوءاً مرئياً ، عندما تكون أمامية الانحياز . ويعتمد اللون المشع على نوع المادة المستخدمة في تصنيع البنية ، واللون المألوف هو الاحمر ، والبرتقالي والاصفر والاحمر ، وتشمل المواد التي مصنع معها دايود الانبعاث الضوئي فوسفيد الحاليوم وارزينيد مومسد الحاليوم . وتستخدم عروض دايود الانبعاث الضوئي في الحاسبات اليدوية والمعداد الثقيلة المشبهة .

ويوضح شكل ١٠ - ١ الدائرة الاساسية لدايود انبعاث ضوئي . تحسب قيمة مقاومة الحد من التيار R من المعادلة

$$R = \frac{V_s - V_F}{I_F}$$

حيث  $V_F$  هي قيمة جهد المصدر و  $V_F$  هي فرق الجهد الأمامي عبر دايود الانعكاس الضوئي و  $I_F$  هو التيار الأمامي للدايود ، وبعقد قيمة  $V_F$  و  $I_F$  على نوع الدايود وتقع هذه في الحدود  $2-2.5\text{ V}$  و  $5-25\text{ mA}$  على الترتيب بالنسبة للون الأحمر أما بالنسبة لوحدة دايود الانعكاس الضوئي الأحمر والأصفر فإنها تقع في الحدود  $2.5-3.5\text{ V}$  و  $10-40\text{ mA}$  وبالنسبة إلى دايود يعمل على مصدر بجهد  $5\text{ V}$  مع تيار أمامي قدره  $10\text{ mA}$  وفرق جهد أمامي قدره  $2.5\text{ V}$  فإن قيمة  $R$  هي

$$R = \frac{5 - 2.5}{10 \times 10^{-3}} = 0.25 \times 10^3 = 250\ \Omega$$



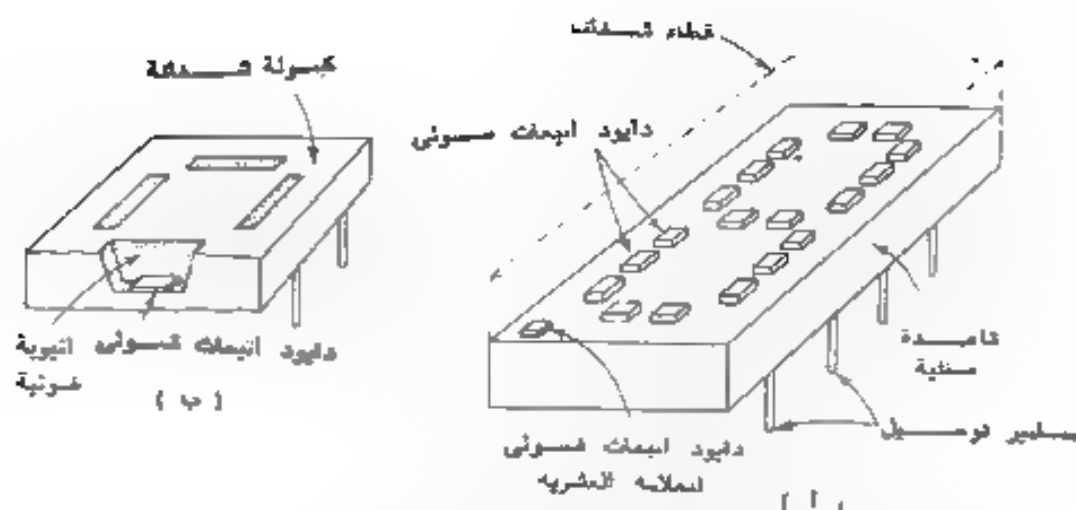
شكل ١٠ - ١٠ دائرة اختبارية لدايود الانعكاس الضوئي

إذا اختيرت المقاومة من مجموعة مقاومات تفاوتها المسموح به مقداره  $10\%$  ، فإنه يمكن اختيار مقاومه قيمتها إما  $220\ \Omega$  أو  $270\ \Omega$  .

وحدد الانهيار لعكس لدايود الانعكاس الضوئي صغير تماماً في المدى من  $3\text{ V}$  إلى  $10\text{ V}$  ، لذلك يكون من الضروري عند استخدام دايود الانعكاس الضوئي مع مصدر جهد متردد توصيل دايود على التوازي معه [ دايود D في شكل ١٠ - ١٠ وعلى أسلوب التوازي العكسي .

ومحتوى البيانات المسماة دايود الانعكاس الضوئي هو المقاومة على مقاومة متكاملة للحد من السار ومحتواء داخل الكسولة . ولا تدعو الحاجة في هذه الحالة إلى مقاومة خارجية للحد من التيار عند التشغيل على الجهد المتغير .

ويوضح شكل ١٠ - ١١ طريقتين شائعتين لاستخدام مولد عرض الشرائح السمع لدايود الانعكاس الضوئي في المعدات المتحركة . ويبين شكل ١٠ - ١١ [ ١ ] الحيل الأول لهذا النوع من وسائل العرض حيث تتركب مجموعات من دايود الانعكاس الضوئي على سطحية في نموذج من سبع شرائح ، ويعلف الصبغ بطبقة شفافة . ويوضح الشكل أيضاً كيفية تثبيت وضع دايود الانعكاس الضوئي ليتسنى عرض العلامة العشرية .



شكل 1. - 11 طريقتين لتوزيع وسائل العرض بالشرائح السبع لدايود القطف الصوتي

في التطبيق العملي يتحد احد وصعين لرمز العلامة العشرية هما اما الى احدى سائر العارض [ كما هو موضح بالشكل 1. و احدى اليمين . ويوضح شكل 10 - 11 [ ب ] شكلا من التركيبات المستحددة لما يعرف باسم \* الانابيب الصوتية \* التي توصل الضوء من دايود الانبعاث الصوتي الى سطح وسطية العرض . وتتحد الانبوبة الصوتية شكل فجوة مخروطية مملوءة بالفرحاج الشفاف . فتنتشر حسيمات الفرعاج الضوء من دايود الانبعاث الصوتي ومنطق تسمح بمساحة اكبر للعرض من العرض العادي الذي نحصل عليه من الشكل المبين في 10 - 11 [ ا ] .

والبيانات الموصحة سابقا قدره على تكوين اما ارقام عشرية او مدى محدود من الحروف الانجدية . وباستخدام مصفوفة من وحدات الانبعاث الصوتي بها خمسة اعمدة وسبعة صفوف [ تعرف بمصفوفة البقطة  $5 \times 7$  ] يمكن عرض المدى العشري والحروف الانجدية كلها بالاضافة الى بعض الرموز

ويوضح شكل 10 - 12 [ ا ] فكرة عمل وسيلة عرض مصفوفة النقطة  $5 \times 7$  اذ يوصل دايود انبعاث ضوئي عند سطر بقطة تقاطع سلكي كل صف مع كل عمود بالطريقة الموصحة في الجزء (i) من الرسم [ ا ] لهذا الشكل . ويتم توصيل الدايود في هذا الشكل بحيث يتصل الانود بسلك الصف R2 ويتصل الكاثود بسلك العمود C1 . فبعد اغلاق المفاتيح R1 و R2 و C1 تشاء مجموعة وحدات الدايود عند تقاطع هذه الخطوط وتبين اشكال [ ب ] و [ د ] و [ د ] بعض العروض النموذجية التي يمكن الحصول عليها من عرض مصفوفة البقطة  $5 \times 7$  . وبالنسبة للرمز المئوية فان مواصفاتها تطابق شفرة ASCII وتعني الشفرة الامريكية القياسية للمعلومات البنية .

ويستخدم في بعض الاحيان مصفوفة نقطة بدلة عرضه عن  $4 \times 7$  [ اربعة اعمدة وسبعة صفوف ] وتحتاج الى عدد اقل من مصادر الاضاءة الا ان هذا يكون على حساب الحد من استهلاكاتها .



والكاشف الضوئي عبارة عن دiod آخر ذو موصلية ضوئية أوتراستور  
صوئي . ومن بعض الحالات يحتوي العازل الصوتي أيضا على مكبر كامل  
لتيهته بعض قدره اخرج . ونخذ المقاسات الطبيعية لشكل شائع من وحدات  
المرن الصوتي المقاسات هي  $7.5 \times 6.5 \times 5 \text{ mm}$  ( $0.3 \times 0.25 \times 0.2 \text{ in}$ )

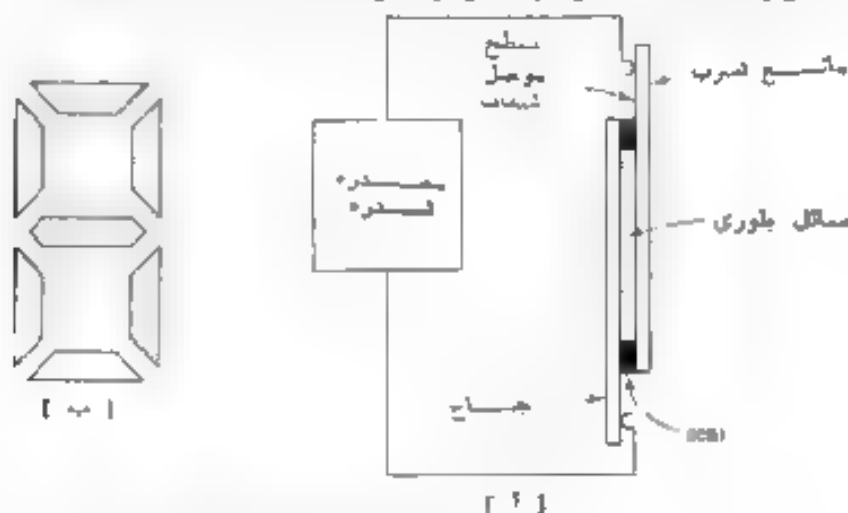
## ١٠ - ١٣ وحدات الدايدود الفسفوري

يستخدم الدايدود المتقصر [ فلوريسين ] بكثرة في المعدات الإلكترونية النائية  
ويعتمد أساسا على « انعين السحرية » دليل الموائع . ويستخدم عدد  
السلط الواحد اسود معطاة بياده متفسره تتوهج بلون احمر مثير عند  
قدها بالالكرومات . وهي تحتاج الى جهد انود حوالي ٨٠٠V ومصدر  
سخن بجهد حوالي 1.5V . ويستخدم عروص الشرائح السبع في  
الحاسبات الإلكترونية الصغيرة .

## ١٠ - ١٤ مابين السائل البلوري (LCD)

السائل البلوري هو عبارة عن سوائل عسوية والنوع المستخدم في مابين  
السائل البلوري يعرف بالسائل البلوري الحيطي (nematic) [ من الكلمة  
اليونانية nematos التي تعني « تشبه الحيط » بمعنى ان الجزيئات  
تتحد شكلا مماثلا للحيط في طبيعتها ] .

يوضح شكل ١٠ - ١٤ [ ١ ] فكرة عمل مابين السائل البلوري ، حيث يحكم  
السائل بين سطحيين زجاجيين ماصين للسرب حيث يعطى السطح الداخلي  
لكل منهما بياده موصلة شفافه يؤدي سلبط فرق جهد في المدى ما بين  
1.5 V الى 30 V [ معتمد على سلوب التشغيل ] . التي تغير الخصائص  
الصومية للسائل البلوري . ومن الوجهة الاساسية ، يوجد نوعان متاحان



شكل ١٠ - ١٤ فكرة عمل عروص السائل البلوري ( ب ) مابين سائل بلوري نظيد  
- ذي الشرائح السبع .

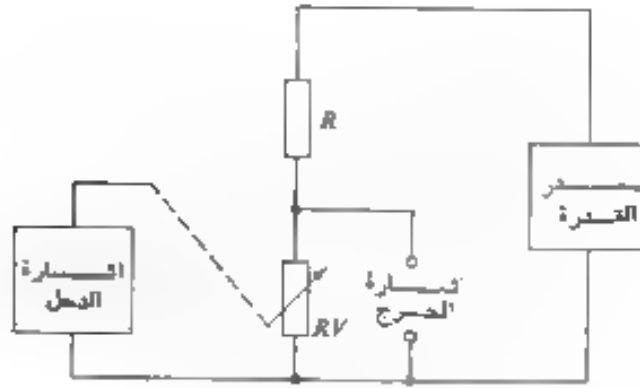


## الفصل الحادى عشر

### المكبرات والدوائر المنطقية الأساسية

#### ١١ - ١ أساس عمل المكبرات

يوضح شكل ١١ - ١ فكرة عمل كثير من أنواع المكبرات الإلكترونية . ويكون المكبر من مقاومه ثابته متصلة على التوالي مع مقاومه متغيرة  $RV$  حيث يحكم جهد الدخل أو اشارة الدخل فى هذه المقاومه . هذا وتستخدم كلمة " اشارة " فى الالكترونيات ليعطى معنى كمية كهربائية تحوى على المعلومات أو البيانات المراد نقلها كما يستخدم كلمات تكبير أو كسب فى هذا المجال لتعنى زياده فى قيمة الاشارة .



شكل ١١ - ١ فكرة عمل المكبرات الإلكترونية

يعبر عن الكفاءة الكهربائية لكثير من المكبرات كنسبة بين القدرة الممتصة فى الحمل الى القدرة المغداه من المصدر ، ويمكن أن تنخفض هذه النسبة الى 10% ولكن طالما تقوم الدائرة بتكبير الاشارة بطريقة مرضيه فلا تمنى قيمة الكفاءة ايا من المصمم أو المستهلك . وتبلغ القدرة المتضمنة دائما مجرد جزء من الوات فى المكبر من النوع الموضح عالياه . ومع كل ، فإن الكفاءة المرتفعة تعتبر أمرا حيويا بالنسبة لمعدات التردد السهمى ، حيث تعادل قدرة الخرج حوالى 30 وات أو أكثر .

وتتبادل إشارة الحرج من المكر عادة [ ليس بالضرورة ] مع إشارة الدخل إلا أنها مكررة أو مضحية وتظهر بين طرفي المقاومة المتغيرة  $RV$  الميعة في شكل ١١ - ١ . ويحل الترانزستور أو الصمام في المقادير القديمة ، من التطبيق العملي ، محل هذه المقاومة المتغيرة . حيث تتحكم قيمة إشارة الدخل في تحديد قيمة المقاومة الفعالة .

هذا ويوجد عدة طرق لتقسيم المكبرات ، وفي إحدى هذه الطرق تقسم إلى مكبرات خطية ومكبرات مفتاحية . فالمكرر الخطي يقوم بتكبير الشكل الموهى لإشارة الدخل بأمانه ويحول أي تشويه . ويوصف المكبرات الخطية التي تتعامل مع إشارات دخل ذات قيم صغيرة [ أي أن قيمة ح.و.ر. الجهد تعادل نصفه من وحدات الملي فولت ] أحيانا بمكبرات الجهد ، حيث تكبر القيم الصغيرة لجهود الدخل بطريقة خطية . ولقد تم تصميم مكبرات قدرة تستطيع أن تتعامل مع مستوى كاف من القدرة مثل حرج نبائط المحرار أو دائرة المحال للمحرك الكهربائي ومستويات قدرة تبدأ من نصف وحدات من الفولت إلى عدة كيلو وات وتعتبر قيمة المقاومة المتغيرة المسماة في شكل ١١ - ٢ بالنسبة للمكرر المفتاحي لحدة من قيمة صغيرة إلى مالا نهاية ، هذا وتصمم هذه الطائفة الدوائر المطلقية .

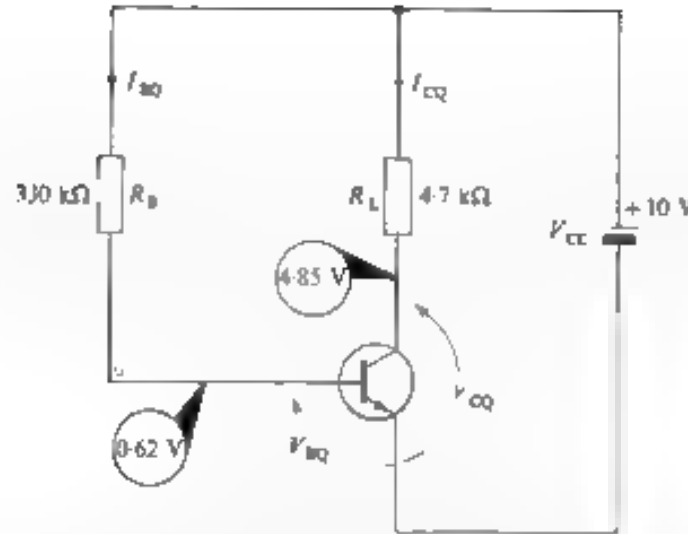
هذا وسوف تعرض المكبرات الخطية في الفصول من ١١ - ٢ إلى ١٠ - ٨ على أن تقدم الدوائر المفتاحية في بقية فصول الباب .

## ١١ - ٢ مكبر أساسي من نوع الباعث المشترك

سبق أن قدمنا في الباب التاسع ، أشكالاً مختلفة لترانزستور الباعث المشترك مع تقديم خواصها . وفي هذا الجزء من الكتاب سنعالج كيفية استخدام الترانزستور على منوال الباعث المشترك لتكبير الإشارات .

يوضح شكل ١١ - ٢ شكلاً هيكلياً للمكبر المستخدم مع ترانزستور من التطبيق سي - م سي . وسأخذ في الاعتبار أولاً حالات التشغيل لهذه الدائرة بالنسبة للبار المستمر . إذ تسمح القيم المحددة في هذا التشغيل للترانزستور أن يعمل كمكبر . وللحصول على حالات التشغيل الصحيحة يتحتم أن يمتثل الترانزستور [ الذي يمل محل المقاومة المتغيرة ] في شكل ١١ - ١ بحيث يعادل القيمة الساكنة لجهد الجهد حوالي نصف جهد المصدر ، أي يجب أن يساوي حوالي  $V_{CC}/2$  . وتبلغ قيمة جهد المصدر  $10V$  في الحالة الموصحة بالشكل ، مع مقاومة انحياز  $R_B$  في دائرة القاعدة مقدارها  $330 k\Omega$  . كما وحد أن قيمة جهد الجهد تعادل  $4.85V$  [ لاحظ أن هذه القيمة لجهد الجهد هي نتيجة لاختيار الترانزستور بطريقة عشوائية ، لذا





شكل ١١ - مستويات الجهد المستمر في المكنر الأساسي

استخدم ترانزستور آخر من نفس النوع ، تكون قيمة جهد المجمع هي جميع الاحتمالات محتملة عن هذه القيمة المعطاة [ . هذا وقد اعطيت قيم الجهود في شكل ١١ - ٢ في حاله سكون الدائرة . أى في حالة عدم دفع اشارة في منطقة قاعدة الترانزستور وبالتالي يسمى جهد المجمع الميس بجهد السكون للمجمع  $V_{CQ}$  كما يسمى جهد القاعدة الموصح بجهد سكون القاعدة . ومن القيم المهمة ، فان قيمة تيار السكون بالقاعدة هي

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_B} = \frac{10 - 0.62}{330 \times 10^3} = 28.5 \times 10^{-6} \text{ A or } 28.5 \mu\text{A}$$

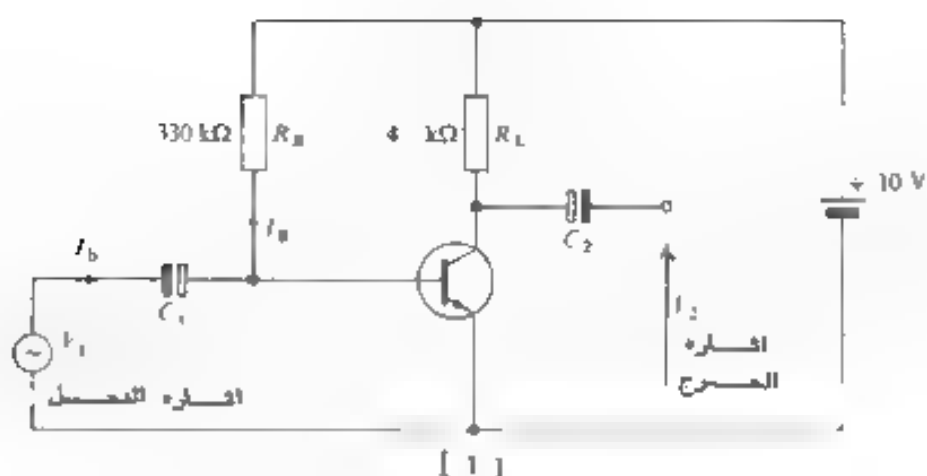
وقيمة تيار السكون للمجمع هي

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{R_L} = \frac{10 - 4.85}{4.7 \times 10^3} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ A}$$

ويكون التيار الكلى المسحوب من مصدر  $1.28 \text{ mA} = 1.1 + 0.028 \text{ mA}$  والى تجعل القدرة المطلوبة من المصدر وحدة اكبر قليلا من  $11 \text{ mW}$  .

وتعطى النسبة بين قيمتي تيار السكون [ أى ان نسبة  $I_{CQ}/I_{BQ}$  ] معاملا اومبارامتر للترانزستور المعروف بالكسب في حالة التيار المستمر او كسب التيار للاشارة المتكررة ، ويعرف بالرمز  $h_{FE}$  . هذا وقد سبق لنا في الفصل التاسع توضيح الترانزستور  $h_{FE}$  وهو كسب التيار في حالة الاشارة الصغيرة ولاغراض عملية كثيرة ، ويكون من الصواب افتراض ان قيمة  $h_{FE}$  تساوى بالتقريب  $h_{FE}$  وتحدد قيمة كسب التيار من الارقام السابقة كما يلي :

$$38.6 = \frac{1.1 \text{ mA}}{0.0285 \text{ mA}} = \frac{\text{تيار المجمع}}{\text{تيار القاعدة}} = \text{كسب التيار}$$



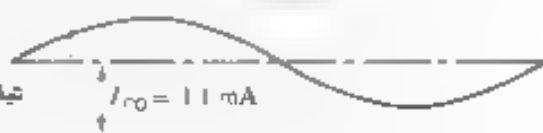
[ ب ]



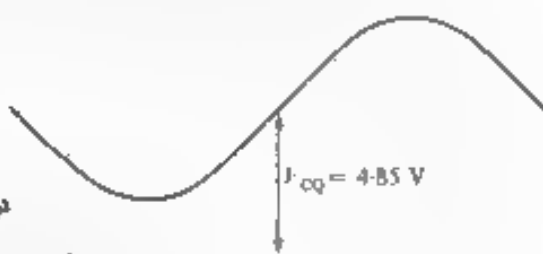
[ ج ] تيار القاعدة الكلي



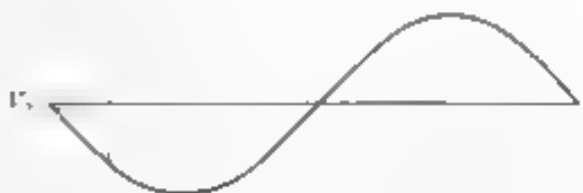
[ د ] تيار المجمع الكلي



[ هـ ] تيار المجمع الكلي



[ و ]



شكل ١١ - ٢ ( أ ) دائرة مكبر كاثدة ، من [ ب ] إلى [ و ] بين الأشكال الموجية في الدائرة [ الأشكال الموجية مرسومة بدون استخدام مقاييس رسم ] .

ولا تعتبر هذه القيمة لكسب القيار مرتفعة على وجه الخصوص ، ولكنها تقع ضمن المدى الواسع لمجموعات الترانزستور التي تبلغ القيمة المتوسطة

لكيب أسرارها حوالي 60 وبعد أن يكون الحالات المعسبة للتشغيل بأسرار المسمى قد حددت ، بوجه أسوء القارئ إلى كسر الإشارة المبردة وموضح شكل 11 - 3 | 1 ، الدائرة الكاملة التي تعامل مع الإشارات المبردة . حيث توصل إشارة الدخل المبردة  $V_1$  إلى المكبر من خلال مكثف الكترولبي  $C_1$  ، والذي ستقدم السب من استجابته من هذا العمل . فمن ضمن وظائف هذا المكثف منع جهد السكون بالقاعدة من أن يمرر تياراً من مصدر إشارة الدخل . لذا يسمى مكثف  $C_1$  في بعض الأحيان بالمكثف **المانع** . هذا ويقر معاملة المكثف  $C_1$  بمقاربه مع معاومه الدخل للترانسستور  $\alpha$  وهي المعاومة المعاله بين القاعدة وأبعث  $\alpha$  عند ترددات التشغيل العامة للمكبر .

من هذا يصبح أنه . عند سبليط إشارة دخل مبردة من طرفي دخل المكبر ، يظهر الإشارة كلها من الناحية المعاملة عند قاعدة الترانسستور وينبع هبوط قليل جداً في الجهد بين طرفي المكثف  $C_1$  . وعلى سبيل المثال ، إذا كان أقل تردد يراد تكبيره هو 32 Hz واستخدام مكثف مائع سعة 50  $\mu F$  ، فإن معاملة المكثف عند هذا التردد يعادل حوالي 100  $\Omega$  . وبذلك يصبح قيمة هذا المكثف متناسبة للتطبيق المرغوب . ومن الضروري استخدام مكثف الكترولبي لهذه الحالة حتى نضمن لنا الحصول على مثل هذه القيمة المرتفعة لمكثف في حجم عتبه عادية صغيرة ، ما لمكثف سعة 50  $\mu F$  محدد يقتر مساوي 25V قد يكون قطره حوالي 8 mm (0.3 in) وطوله 20 mm (0.8 in) ويجب توصيل المكثفات المستخدمة بالطريقة الموصحة بالشكل حيث أنها من النوع القطبي .

يوضح شكل 11 - 2 من أ إلى ب | 1 | الشكل الموجية للدائرة عندما سجد إشارة الدخل شكلاً حسيماً . وقد وقعت هذه الأشكال الموجية بدون استخدام مقياس رسم معين ، حيث يمكن أن نسيب إشارة الدخل  $(V_1)$  ، قيمة تقع في حدود مصنع وحدات من النبوت . وبؤدى كسب الجهد للمكبر إلى هذا الاختلاف النسبي للإشارتين . وكما سيمرى فيما بعد ، يسمح بأنك قيمة ج.م.م لإشارة الدخل مقدارها حوالي 15 mV ، والا أصبح الشكل الموجي للخرج واضح التشوه .

وعندما مساوي قيمة الجهد  $V_1$  من شكل 11 - 3 | ب | صمراً ، نحدد قيم التيار والجهد المصاحبة للترانسستور ما يساوي القيم الساكنة للدائرة [ انظر شكل 11 - 2 ] ، والان ، لنحدد من الاعتبار الحالات السحية من الدائرة عند اللحظة X على الشكل الموجي الموضح في شكل 11 - 3 . نحدد هذه اللحظة من الزمن . يتخذ جهد إشارة الدخل  $V_1$  قطعة موجية | شكل ب | وهكذا تساهم بجزء من قيمة تيار القاعدة - عللوة على التيار المنساب في مقاومة التحيز القائمة  $R_B$  ، لذا ، يزيد تيار القاعدة انكلي عند اللحظة X عن تيار السكون [ انظر شكل 2 ] . وحيث أن قيمة كسب التيار للترانسستور يعادل 38.6 ، فإن التغير في قيمة تيار المجمع بالنسبة لقيمته الساكنة يزداد من المغير في قيمة تيار القاعدة بالنسبة لقيمته الساكنة

بما يعادل 38.6 مرة ، ومن الممكن ان نلاحظ هذه الزيادة لتيار المجمع في شكل ١١ - ٣ [ د ] . هذا ونؤدى الزيادة في تيار المجمع المسبب في المقاومة  $R_L$  عند اللحظة X الى زيادته في فرق الجهد بين طرفي  $R_L$  . وبالتالي نقل قيمة جهد المجمع عند اللحظة X عن قيمة جهد السكون للمجمع  $V_{co}$  [ انظر شكل هـ ] .

وبملاحظة القاريء ان الشكل الموجي لجهد المجمع الكلي يكون من اشارة مترددة او مركبة مترددة بصفة اتي جهد السكون للمجمع . وبصفة عامة ، يتركز الاهتمام بالمركبات المترددة فقط من الشكل الموجي لجهد المجمع ، حيث انها هي الساحة الكبرى لاشارة الدخل . لذا كان من اللازم فصل المركبات المترددة لجهد المجمع عن الاشارة الكلية ويعطى المكثف المتبع  $C_2$  الطريقة الملائمة لتفريق المطلوب . حيث يعوق المكثف جهد السكون للمجمع من الظهور بين طرفي الخرج ويسمح للمركبات المترددة فقط بالمرور مع فقد قليل . ولكن يستطيع المكثف ان يقوم بهذا العمل لانه ان تكون مفاعلة المكثف  $C_2$  منخفضة عن اقل تردد تشغيل للمكبر . مرة اخرى ، نقرر ان المكثف  $C_2$  هو مكثف الكترولتي ذو سعة قيمتها حوالي  $50 \mu F$  [ يمكن استخدام تبة في المدى من  $10 \mu F$  الى  $100 \mu F$  طبقا لنوع التطبيق ] .

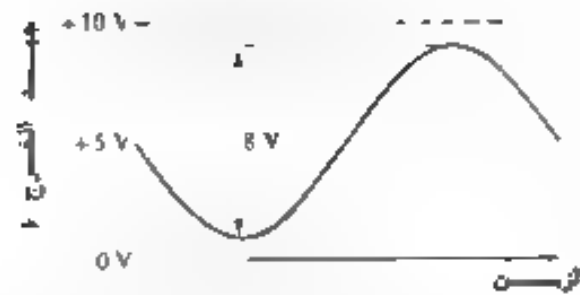
وعند تسليط اشارة جيبية حذر متوسط مربع قيمتها يساوي  $10mV$  على الدائرة بالشكل ١١ - ٣ [ ا ] عند تردد قيمته  $1 kHz$  ، وجد ان قيمة جهد الخرج تعادل  $1.9 V$  . علما بان هذه الدائرة غير متصلة بحمل خارجي ، وفي هذه الحالة يعطى كسب جهد المكبر بالتعبير الاتي :

$$\begin{aligned} \text{كسب الجهد في حالة اللامحمل} &= A_v = \frac{C_{\text{ح.م.م}} \text{ قيمة جهد الخرج}}{C_{\text{ح.م.م}} \text{ قيمة جهد الدخل}} \\ &= \frac{1.9}{0.01} = 190 \end{aligned}$$

اي ان الدائرة تكبر جهد الدخل بمعامل قدره 190 ا

ومن احدى سمات هذا المكبر ان شكل موجة الخرج يضاد شكل موجة الدخل [ انظر الاشكال ١١ - ٣ [ ب ] و ١١ - ٣ [ و ] . لهذا يوصف هذا المكبر بمكبر عاكس الطور .

ولنأخذ الان من الاعتبارات التأثير الواقعي لقيمة كسب الجهد على قيمة اقصى جهد دخل  $V_i$  من الممكن تسليطه على الدائرة قبل ان تصبح اشارة الخرج مشوهة ومن الافضل توضيح ذلك من خلال شكل ٤ - ١١ . فبس الساحة النظرية ، يستطيع جهد المجمع ان يتغير او يتأرجح من ادنى قيمة وهي الصفر [ وتحدث عندما يكون قيمة تيار القاعدة كبيرة كبراً كافياً لتضع الترانزستور في حالة تشبع ] .



شكل ١١ - ١ اقترود على أقصى قيمته خارج الجهد .

الى قيمه ممكنة وهي مساوية لجهد المصدر [ والتي تحدث عندما يساوى تيار القاعدة صغرا وعندما يعمل الترانزستور كمقاطع ] . وبواحد عمليا عدة اسباب تدعو لعدم امكان الحصول على جهد التارجح هذا ، ولسوء يعطى هنا سمين منها . واول السمين هو صعوبة التوصل الى القيمة المثالية لجهد السكون للمجمع وهي  $V_{cc}/2$   $5V$  من الحالة المسماة بالشكل ( ١١ - ٣ ) باستخدام مكويات الدوائر المماحة . وبمراوح جهد السكون من  $4.5V$  الى  $5.5V$  يعثر معمولا . ويقلل هذا بطريقة فعالة من الرحلة القصيرة لجهد الدروة المسموح [ اما عند الانحياز الى القيمة الموحدة او عند الانحياز الى القيمة السالبة ] للشكل الموحي للمجمع الى قيمة تقل عن  $5V$  . وثاني هذه الاسباب يرجع الى ان حواس خرج الترانزستور تصبح عبر مسطمة اذا ما طلع قيمة تيار القاعدة مقدارا صغيرا جدا او اذا طلع مقدارا كبيرا جدا . فل اقرب تيار القاعدة من هذه النهايات . يصبح شكل موجة جهد الخرج مشوها . وبلغ أقصى قيمة معقولة لتأرجح جهد المجمع من الدروة الى الدروة في حالة مصدر جهد  $10V$  حوالي  $8V$  . وباستخدام منه كسب الجهد المحسوبة اعلاه ما قيمة جهد الدخل من الدروة الى الدروة التي تعطى خرجا لجهد التارجح مقداره  $8V$  يكون .

$$8.180 = 0.042V = 42 \text{ mV}$$

ويكون حذر متوسط مربع [ ح . م . م ] قيمة  $1$  الماظر للقيمة من الدروة الى الدروة هو  $15 \text{ mV}$   $4.2 \times 2 = 8.4$  وحسب مع هذه القيمة لجهد الدخل ، سيظهر جهد الخرج بعض التشويه اذا ما قورن بموجته حبيبه حالصه .

## ١١ - ٢ قواعد مسهلة وواضحة لحساب قيم مكونات الدائرة

تصميم دوائر الكترونية كثيرة على أسس تتبع قواعد مسهلة وواضحة قد تكون غير محققة الا انها مسهلة على أسس علمية . دعنا نرى كيف يمكن تنفيذ التصميم الاساسي بالنسبة للدائرة الموضحة في شكل ( ١١ - ٣ ) [ ١ ] .

اولا ، يجب ان نتخذ قرار قيمة جهد المصدر وتيار التصريف المسموح به . ففي الدائرة المذكورة . يمكن ان نقرر استخدام مصدر قيمته  $10V$  مع تيار تصريف للمجمع حوالي  $1 \text{ mA}$  على اعتبار انها قيم مقبولة .

واللحصول على أكبر قيمة ممكنة لجهد الخرج المتأرجح ، يتحتم أن يعادل جهد المكثف للمجمع حوالى نصف مصدر الجهد أى لابد أن تكون قيمته حوالى 5V . ويتطلب هذا ، فى حالة المكثف عندما يكون ميار المجمع قيمته 1 mA أن يظهر جهداً مقداره 5V بين طرفى  $R_L$  . وهكذا على :

$$R_L = 5 \text{ V} / 0.001 \text{ A} = 5000 \Omega$$

وتصبح القيمة المناسبة التى يمكن توصيلها بالمقاومة هى 4.7 k $\Omega$  .

هذا ويعتمد تيار المكثف للقاعدة على قيمة كسب التيار للترانزستور ولنفرض أن قيمة هذا الكسب تعادل 40 ، إذن

$$I_{BQ} = I_{CQ} / 40 = 1 / 40 = 0.025 \text{ mA or } 25 \mu\text{A}$$

وعند ما تير هذه القيمة من التيار فى مقاومة احياز القاعدة  $R_B$  ، يتحتم أن يساوى فرق الجهد بين طرفيها ما يلى :

$$[ V_{CC} - \text{ فرق الجهد بين القاعدة والباعث للترانزستور } ]$$

وحيث أن الترانزستور المستخدم مصنوع من السليكون من فرق الجهد بين قاعدته والباعث تبلغ حوالى 0.6 V وهذا يعطى فرق جهد بين طرفى  $R_B$  مقداره 9.4 V وساء على ذلك ويكون

$$R_B = \frac{9.4 \text{ V}}{25 \times 10^{-6} \text{ A}} = 0.376 \times 10^6 \Omega \text{ or } 376 \text{ k}\Omega$$

وتصبح القيم السابقة هى نقطة البداية لاختيار قيمة المقاومة  $R_B$  ، ولقد تقرر اختيار قيمة لها تساوى 330 k $\Omega$  بصفه نهائيه .

**مقاومة الدخل للمكبر :** يلزم معرفة بعض المعلومات من معاوقة الدخل للمكبر حيث أن هذه القيمة - كما سترى فيما بعد - تعتبر مقدرة لحساب كسب الجهد للمكبر . فمقاوقة الدخل هى المعاوقة التى « ترى » من مصدر داخل الإشارة . ويفرض أن قيمه مدعلة المكثف  $C_1$  صغيرة ، تصبح معاوقة الدخل عبارة عن مجموع التوازي للمقاومات المتصلة عند توصيلة القاعدة للترانزستور ويسمى آخر متصل  $R_B$  على التوازي مع المقاومة بين القاعدة والباعث للترانزستور ، وقيمة المقاومة الأخيرة تعادل حوالى 1 k $\Omega$  فى حالة مكبر جهد الإشارة الصغيرة . وهكذا ، تكافئ معاوقه الدخل 1 k $\Omega$  على التوازي مع 330 k $\Omega$  والتى يمكن اعتبارها من الناحية الواقعية 1 k $\Omega$  .

**القيمة الفعالة لمقاومة الحمل :** تصبح القيمة الفعالة لمقاومة الحمل فى حالة اتصال مقاومة الحمل الخارجى الموصل بين طرفى الخرج ،  $R_L$  ، والتى تساوى 4.7 k $\Omega$  فى شكل 11 [ 1 ] . ماداً وصل حمل خارجي ، مثلاً بمقاومة 1 k $\Omega$  بين طرفى الخرج ، تصبح القيمة الفعالة لمقاومة الحمل مسلوقة لتركبة التوازي للمقاومة 1 k $\Omega$  و  $R_L$  أى 0.825 k $\Omega$

**كسب الجهد للمكبر :** يعطى قيمة كسب الجهد للمكبر بالتعبير الآتى .

القيمة النصفية بمقاومة الحمل

كسب الجهد =  $A_v = \text{كسب التيار} \times \frac{\text{قيمة مقاومة الحمل للمكبر}}{\text{قيمة مقاومة الحمل للمكبر}}$

باستخدام الأرقام السابقة ، كسب الجهد بدون الحمل هو

$$38.6 \times \frac{4700}{1000} = 181.4$$

وملاحظ الفارىء أن هذا يتفق إلى حد كبير جداً مع القيمة المقاسة وهي 190 ، نادا وصل حمل مقداره  $1\text{ k}\Omega$  ، تصبح القيمة النظرية لكسب الجهد

$$38.6 \times \frac{825}{1000} = 31.9$$

وقد وجد أن قيمة كسب الجهد المقاسة في حالة وجود حمل بمقاومة  $1\text{ k}\Omega$  تعادل 33 .

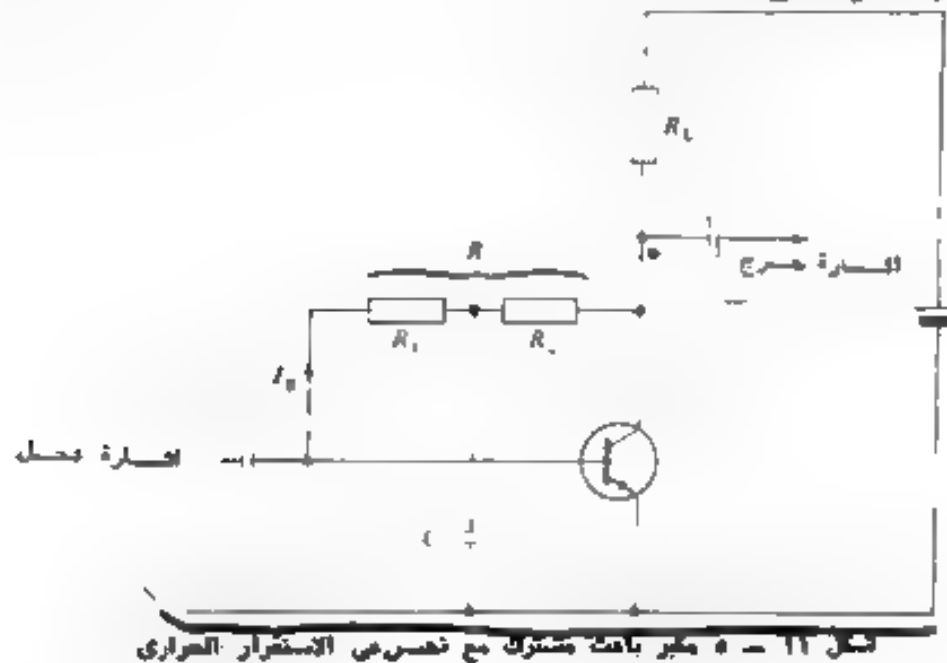
## ١١ - ٤ الاستقرار الحرارى للمكبرات

تتميز قيم كل من جهد السكون للجمع وكسب الجهد عند تغير درجة الحرارة المحيطة التى تعمل عندها الدائرة المسطحة في شكل ١١ - ٣ [ ١ ] وتسبب الزيادة في درجة الحرارة انحرافاً طفيفاً في جهد الجمع . وقد يكون ارتفاع قيم جهد السكون للجمع وتغير قيم كسب الجهد أمراً غير ملائم بالنسبة لكثير من المكمات . ولذلك فقد استنبطت الدوائر العملية طرقاً للحد من تأثير التغير في درجة الحرارة المحيطة .

يعرف التغير البطيء في جهد الجمع مع درجة الحرارة بالانسياب \* وهو نتيجة تغير نقطة تشغيل الترانزستور على منحنيات الخواص ، والتغير في هذا الجهد ، بدوره ، أن هو الا نتيجة للزيادة في تيار الجمع عند الزيادة في درجة الحرارة . وفي مكبرات الجهد تؤدي الزيادة في تيار الجمع بشفة للتأثيرات الحرارية إلى زيادة القدرة المبددة في الترانزستور . ولكن هذا لا يثقل الترانزستور في المادة وعلى أى حال . يؤدي تأثير لحرارة الانسياب ، في بعض مكبرات القدرة حيث يعمل الترانزستور قرب مهله نفسه . إلى استحداث ميلر حرارى يمكن أن يبريد من درجة حرارة الترانزستور . مما يؤدي إلى زيادة أكثر في تيار الجمع من دى قبل . نادا لم يمكن التحكم في هذا التأثير السابق بطريقة ما ، فقد نريد الحرارة المولدة في الترانزستور من حرارة التبريد للتسيطه .

عندما تراكم هذا التأثير ، قد تستمر درجة حرارة الترانزستور في الارتفاع ويريد احتمال حدوث التلف التام . ويعرف هذه الظاهرة بالانسياب الحرارى . ونظراً للأسباب السابقة ، يصبح المكمات الانسياب في شكل ١١ - ٣ [ ١ ] غير مرض من وجهة نظر الاستقرار الحرارى .

وبمع التوصل الى بعض التحسينات من الاستقرار الحرارى باستخدام الدائرة الموصحة فى شكل ١١ - ٥ ، فى هذه الدائرة ، يحصل على التيار المستمر الانحيازى للقاعدة من جهد المجمع خلال مقاومة الشبكة  $R$  . لكن تعطى عدد الدائرة بعض حالات السكون الخاصة بالدائرة الاساسية على وجه التقريب مبلغ قيمة المقاومة  $R$  فى شكل ١١ - ٥ حوالى نصف قيمة المقاومة  $R_0$  فى شكل ١١ - ٣ .



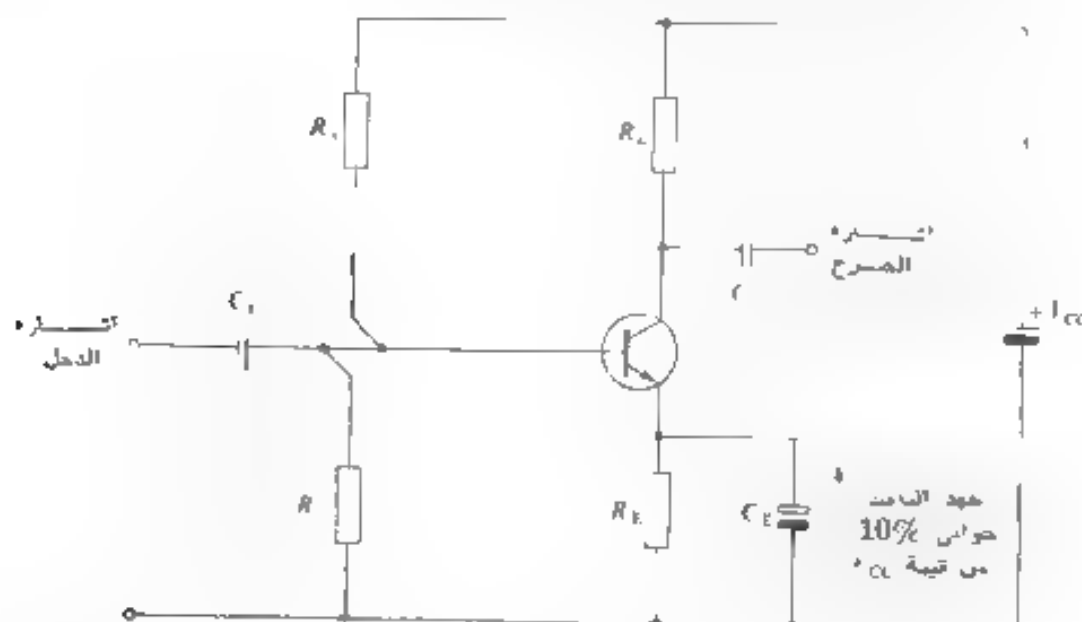
اى ان قيمتها تعادل حوالى  $165\text{ k}\Omega$  . وبموضح فيما يلى السبب الذى ادى الى ان نصنع دائرة شكل ١١ - ٥ احسن من الدائرة الاساسية عند مقارنتها مع بعضهما البعض من وجهة نظر الاستقرار الحرارى . فنفترض الان ان درجة الحرارة المحيطة بصدد الارتفاع ، مما يجمع تيار المجمع معها الى الزيادة ويكون الاثر النهائى هو انخفاض جهد المجمع . وحيث ان احدى نهيات شبكة مقاومة الانحياز موصلة بالمجمع ، فان انخفاض جهد المجمع سيؤدى الى انخفاض مباشر فى قيمة تيار القاعدة  $I_B$  . ويؤدى هذا بالتالى الى الحد من ارتفاع قيمة تيار المجمع حتى حوالى 50% من القيمة التى يمكن ان تقع بالنسبة للدائرة الاساسية فى شكل ١١ - ٣ .

ومن عيوب ترتيبية شكل ١١ - ٥ ان التغير فى جهد المجمع عند تردد الاشارة [ اى اشارة الخرج المرغوبة ] يرتد ايضا ليعبى القاعدة ويحد من قيمة تيار القاعدة ويعرف هذا بالتأثيرية المرتدة السالبة . وكما سنرى فى الفصل الثالث عشر يمكن ان تؤثر على انخفاض قيمة كسب جهد المرحلة . ولكن نمنع هذا من الحدوث تهما نقطة تقعر متوسطة من سلسلة المقومات بحيث توصل النقطة المتوسطة الى الخط المشترك خلال المكثف  $C$  وهو الموضع بخط متقطع فى شكل ١١ - ٥ .



ويهيئ هذا المكثف مسلكاً ذي معاظمه مخصصة للضارات المترددة للإشارة المناسبة من  $R_L$  . وبذلك تجمع هذه الضارات من  $R_L$  معر في قاعدة الترانزستور وقيمة المكثف  $C$  المناسبة في هذه الحالة تبلغ حوالي  $0.1 \mu F$  .

وبوصف شكل ١١ - ٦ دائرة كثيرة الشبوع ويعطى استقراراً حرارياً أفضل . ولقد هئت هذه القيمة المزمعة من الاستقرار الحراري لهذه الدائرة سعة استخدام سلسلة محريء الجهد  $R_L$  في دائرة مضاعف القاعدة مع المقاومة  $R_F$  والمكثف  $C_F$  في دائرة الماعث .



شكل ١١ - ٦ مكر شائع هذا ذو باعث مشترك على درجة عالية من الاستقرار الحراري .

وبصيح وطبعم سلسلة محريء الجهد بالمقاومين  $R_1$  و  $R_2$  هي التأكيد على دوام المحافظة على جهد السار المستمر لقاعدة الترانزستور بقيمة تكاد تكون ثابتة على مدى درجة حرارة التشغيل للدائرة . ويتناسب جهد الضار المستمر الناتج بين طرفي المقاومة  $R_E$  مع قيمة تيار الماعث ، وبلغ القيمة المتوسطة للجهد الظاهر بين طرفيها حوالي 10% من قيمة جهد المصدر  $V_{CC}$  في العادة . ويتكون التيار الكلي للماعث من التيار المستمر « الساكن » ، بالإضافة إلى التيار المتردد الناتج عن الإشارة . ومن أجل تحقيق استقرار حراري يستطرم الأمر أن يكون فرق الجهد بين طرفي  $R_E$  من السار المستمر ، ولتحقيق هذا يتحتم تفويت المقاومة  $R_E$  بمسار له معاومة ذات قيمة منخفضة حتى لا تضر المكومات المترددة من تيار الماعث في هذه المقاومة . ويؤدي المكثف  $C_F$  هذا الدور وهو عبارة عن مكثف الكتروليس سعته حوالي  $100 \mu F$  أو أكثر .

وعنما يلي نعرض الطريقة التي تهىء بها هذه الدائرة الاستقرار الحراري

المطلوب . فعند زيادة درجة الحرارة المحيطة ، تميل قيمة كل من التيار المستمر - للمجمع وكذلك تيار الباعث للزيادة . فتؤدي الزيادة في تيار الباعث الى زيادة القيمة المتوسطة لفرق الجهد بين طرفي المقاومة  $R_E$  ، ومرتفع جهد الباعث بالنسبة للحط المشترك . وحيث أن جهد منطقة القاعدة يحافظ على ثباته بواسطة المقاومتين  $R_1$  و  $R_2$  فإن الزيادة في جهد الباعث متأثر بدرجة الحرارة تؤدي بالتالي الى انخفاض فرق الجهد بين القاعدة والباعث . ويؤدي هذا الانخفاض في الجهد الى انخفاض مصاحب في تيار القاعدة . وكما ذكر سابقا ، يؤدي الانخفاض في تيار القاعدة الى انخفاض القيمة المتوسطة لتيار المجمع الذي يعادل لدرجة كبيرة الزيادة في تيار المجمع نتيجة ارتفاع درجة الحرارة . وتعادل الزيادة في تيار المجمع للدائرة في شكل ١١ - ٦ حوالي مجرد خمس الى عشر قيمة الزيادة في حالة الدائرة الاساسية في شكل ١١ - ٣ . وذلك مع قيم المكونات المعتادة التي تقابلها في مثل هذا النوع من الدوائر .

وعبما يلي طريقة بسيطة وواضحة للاختبار المبدئي لقيم مكونات الدائرة المبينة في شكل ١١ - ٦ . لنفترض أن قيمة  $V_{CC}$  تعادل  $9\text{ V}$  ، وأن التيار المسحوب من المصدر يعادل حوالي  $1\text{ mA}$  . علما سمح لفرق جهد مقداره  $1\text{ V}$  أن يظهر بين طرفي المقاومة  $R_E$  ، فإن  $R_E = 1\text{ V} / 1\text{ mA} = 1\text{ k}\Omega$  . ولكن نحصل على درجة استقرار حراري مقبولة ، يتحتم أن تساوى قيمة  $R_2$  حوالي عشرة أضعاف  $R_E$  ، أي أن  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$  . ويمكن حساب قيمة المقاومة  $R_1$  من المعادلة الآتية :

$$R_1 \approx R_2 \times \frac{V_{CC} - \text{جهد السكون للقاعدة}}{\text{جهد السكون للقاعدة}}$$

وحيث أن الجهد بين القاعدة والباعث للترانزستور المصنوع من السليكون تعادل حوالي  $0.6\text{ V}$  . فإن قيمة جهد القاعدة بالنسبة الى الخط المشترك تصبح حوالي  $1.6\text{ V}$  ويكون

$$R_1 = 10\,000 \times \frac{9 - 1.6}{1.6} = 46\,250\ \Omega$$

ومن الممكن أن نختار قيمة مبدئية مقدارها  $47\text{ k}\Omega$  للمقاومة  $R_1$  . وحيث أن جهد السكون للمجمع يجب أن يقع بين  $V_{CC}$  وجهد السكون للباعث ( $V_E$ ) ، فيكون فرق الجهد بين طرفي  $R_2$  عندما يمر بها تيار  $1\text{ mA}$  ما يعادل  $4.5\text{ V} = (9 - 1)/2$  كذلك .

$$R_2 = 4.5\text{ V} / 1\text{ mA} = 4.5\text{ k}\Omega$$

ومن الممكن اختيار قيمة مقدارها  $3.9\text{ k}\Omega$  للمقاومة  $R_2$  ويصبح كسب الجهد بالتالي لهذا المكنر في حالة اللاحمل حوالي 200 . وعند توصيل حمل بالمكنر ، ينخفض كسب الجهد الفعال في العادة بطريقة ملحوظة [ انظر أيضا الجزء ٣ - ١١ ] ويصل كسب الجهد المحتمل في حالة وجود الحمل حوالي 40 .

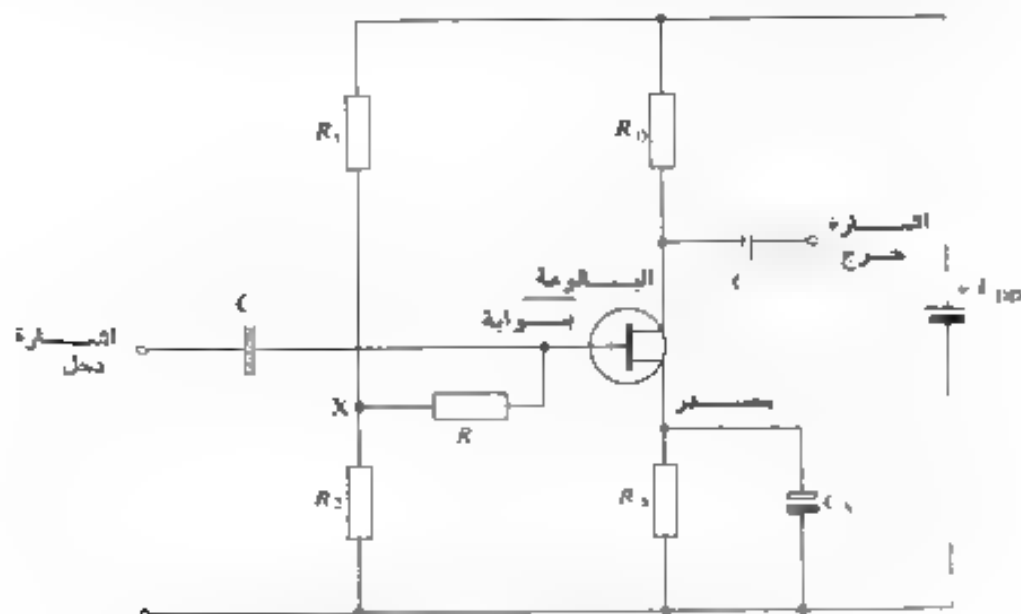
مدا ظهر المكثف  $C_p$  في شكل 11 - 6 كدائرة مفتوحة ، فان قيل  
الباعث كله ينساب خلال  $R_p$  . وبسبب من هذا تسليط تغطية خلفية مرتدة  
سأله على المكبر ، وباستخدام القيم المحسوبة سابقا ، نجد ان كسب الجهد  
للمكبر يضمن ما يساوي 3 الى 5 عند أي عطل من هذا النوع ، كما  
يسرى في الفصل الثالث عشر ، ومثل هذا النوع من الاعطال لا يسبب أي  
تلف للدائرة .

## 11 - 5 مكبرات ترانزستور التأثير المحلي

الانواع التي تستعمل بكثرة من ترانزستور التأثير — المحلي كـ مكبرات  
خطه هو بوابة وصله ترانزستور التأثير المحلي ذات القناة السالبة والتي  
سبق ان وصفت في الفصل التاسع .

والجارات الاساسية بوحدات ترانزستور التأثير المحلي بالنسبة الى  
وحدات الترانزستور ثنائي القطب المتكامل هي كبر معاومتها الداخلة [ في  
العادة حوالي مليون ميجا اوم او اكثر بالنسبة الى 12 kΩ في حالة النماذج  
ثنائية القطب ] . ويستخدم ترانزستور التأثير المحلي في النماذج التي  
يعطى هذه الخاصية بدرجة معينة .

وبوصف شكل 11 - 7 النوع الشائع لدائرة مكبر ذات مصدر مشترك  
تستخدم بوابه وصله ترانزستور التأثير المحلي ذات القناة السالبة وعلى  
موال الاستفاد ، وكما سبق توضيحه من الفصل التاسع يستلزم الامر عند  
التشغيل العادي لترانزستور التأثير المحلي ان تكون وصله البوابة الى  
المصدر عكسيه التحيز . وفي هذه الدائرة ، يحصل على جهد التحيز  
بواسطة مقاومة انحياز ذاتية ، توصل على التوالي مع الكترود المصدر



شكل 11 - 7 مكبر ذو مصدر مشترك يستخدم بوابة وصله ترانزستور التأثير المحلي ذات  
القناة السالبة .

هذا ويتبع القيمة الموسطه للجهد الناتج من طرفى المقاومة  $R_s$  بين حرة من المولت و 2V او 3V طبقا لنوع ترانزستور التأثير المحالى . وكما وضح سابقا فى حالة الترانزستور ثنائى القطب . يقوم المكثف  $C_s$  بعمودت مكونات التيار المررد المار من المصدر ويصح لجهد بين طرفى المقاومة  $R_s$  من نوع التيار المستمر . وهنا يسلط الجهد الناتج من شبكة مقاومات محرىء الجهد  $R_1$  و  $R_2$  عند النقطة X الى بوابه ترانزستور التأثير المحالى بواسطة المقاومة  $R_s$  . وتقل القيمة الموحه لهذا الجهد عن قيمة جهد الكترود مصدر ترانزستور التأثير المحالى ولهذا تصح وصلة البوابه عكسية الانحياز .

وبعمل الدائرة كما بلى ، تقلل لزيادة من جهد الاشارة من الانحياز العكسى المسلط على بوابه ترانزستور البشير المحالى . كما عيب فى الوقت نفسه زيادة لتيار البالوعة . وبالتالى يقل جهد البالوعة . اى ان المكبر تصح عاكسا للطور . وتقل قيمة كسب الجهد لهذا النوع من المكبرات بصفة عامة . كثيرا عن مكبر الترانزستور ثنائى القطب ، ويقع كسب الجهد فى حالة اللاحمل فى المدى من 5 الى 10 تقريبا . وبالتالى . كما فى حالة الترانزستور ثنائى لقطب ، يخصص كسب الجهد بطريقة حادة اذا اظهر المكثف  $C_s$  دائرة مفتوحة .

ومع ذلك ، ملاماترد الموضحة ما هى الا نسخة اخرى من المكبر التقاربى بالتيار المتردد . اذ يعمل المكثفات  $C_1$  و  $C_2$  كبنائط متعة لكل من جهد التيار المستمر واشارات التيار المررد عند الترددات المنخفضة . ومن الممكن ان تستخدم فى هذه الدائرة قيم نمطية كاللتلى .

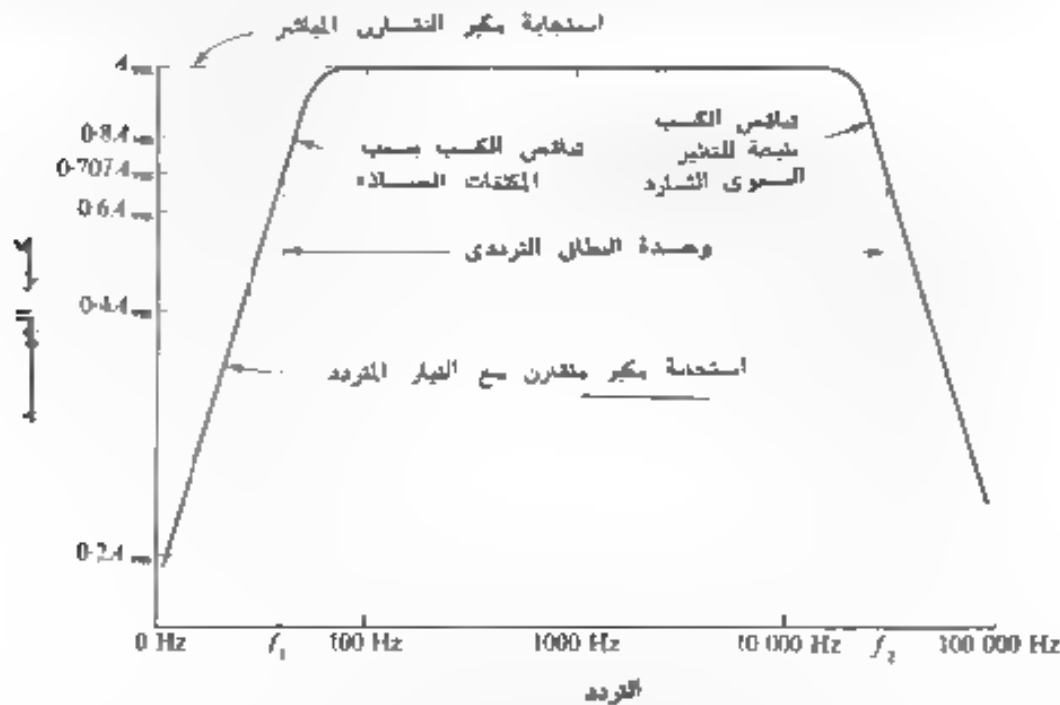
$V_{DD} = 18 \text{ V}$	$R_s = 10 \text{ k}\Omega$
$R_1 = 15 \text{ k}\Omega$	$C_s = 5 \mu\text{F}$ or greater
$R_2 = 3.3 \text{ k}\Omega$	$C_1 = 47 \text{ nF}$
$R_3 = 1 \text{ M}\Omega$	$C_2 = 50 \mu\text{F}$ or greater
$R_D = 82 \text{ k}\Omega$	

## ١١ - ٦ عرض النطاق الترددى للمكبر

سبق ان وضحنا فى الباب السادس باختصار عرض النطاق الترددى لهما يتعلق بدوائر الرنين ، وسيحتص هذا الجزء معالجة عرض النطاق الترددى للمكبرات .

ان عرض النطاق الترددى للمكبر ما هو الا نطاق الترددات التى يعطى عندها المكبر كسبا يكاد ان يكون ثابت القيمة . وبوضح شكل ١١ - A الطريقة الشائعة لتحريف النطاق الترددى للمكبر . يعرف هذا المنحنى ، بمنحنى الاستجابة الترددى للمكبر ، ويبين كيف يتغير كسب الجهد مع التردد

أن معرفة معنى الاستجابة الترددية للكبير هي أمر حيوي ، لكي يتسنى فهم أداء المكبر في كل مداه الترددي . وبحصل من الطلة على هذه الحواص بفعليل إشارة تيار متردد بيد طرقي دخل المكبر ، وببدا في ريلولة تردد الأتله تدريجيا . من قيم منخفضة حتى تصل إلى قيمة مرتفعة جدا . وعند



شكل ١١ - أ معنى الاستجابة الترددية لمكبر

كل قيمة للمردد ، تدون قيمة ح.م.م. جهد الحرج وحسب قيمة كسب الجهد ويرسم المنحنى بمعرفته قيم الكسب والتردد . ومن الممكن أن يتم مثل هذه الامواع من الاختبارات على خط الإنتاج مباشرة باستخدام معدات أوتوماتيكية لترسم المنحنيات إما على برسمة اشعة الكتود للتدفقات [ انظر الفصل السادس عشر ] أو على ورق رسم بياني .

وسيلاحظ القارئ مقياس رسم غير عادي على كل من محوري الرسم السابق قصد رسم هذه المنحنيات ، يرسم النتائج باستخدام مقياس رسم لوعارنبيي بحيث تمتد النتائج عند أدنى نهاية مدى التردد وتضغط النتائج عند أعلى نهاية المدى . وتبثل قيم الكسب المرسومة على المحور الراسي القيم العددية لكسب الجهد إلا أنه في التطبيق العملي ، يمثل كسب الجهد دائما بدلالة الديسيبل ، حيث كسب الجهد بالديسيبل = [ القيم العددية لكسب الجهد ]  $20 \log_{10}$  . فإذا كانت القيمة العددية لكسب الجهد هي 100 فإن الكسب بالديسيبل يكون  $20 \times \log_{10} 100 = 20 \times 2 = 40 \text{ dB}$

ويعبر المحس المبين بالخط المتلى في شكل ١١ - أ منحنى نمطي للمكبرات المتقارنة بالتيار المتردد والتي سبق وضمها . ويعرف عرض

النطاق الترددي لهذا النوع من المكبرات نطاق الترددات ،  $f_2 / f_1$  ، والتي قيمته الجهد بينهما ما يساوي أو يزيد عن  $0.707 A_{vm}$  ، حيث تمثل  $A_{vm}$  أكبر قيمة لكسب الجهد . هذا ولم يتم احتساب الرقم 0.707 بطريقة عفوية حيث انه يتمشى مع الحالة التي تساوى عندها كسب المقدرة [لا كسب الجهد] نصف أقصى قيمة ممكنة لها ، فإذا كانت  $f_2 = 30 \text{ kHz}$  ،  $f_1 = 40 \text{ Hz}$  مثلاً ، فإن عرض النطاق الترددي يعادل  $29960 \text{ Hz}$  والذي يمكن اعتباره من وجهة النظر الواقعية معادلاً لـ  $30 \text{ kHz}$  أي أنه يساوى بالتقريب  $f_2$  ولقد عرّف الترددات  $f_1$  و  $f_2$  في المراجع العملية بعدة أسماء منها ترددات ركنية « راوية » ، ترددات قطع ، مقطعي الانهيار ، ومقطعي منتصف القدرة .

وبحذر الإشارة في هذا المحل الى اسباب ظهور منحني الاستجابة للتردد بهذا الشكل . ولقد سبق أن أشرنا الى سبب انخفاض كسب الجهد عند الترددات المنخفضة في محل توصيل ميل المكثفات المانعة المسندة مع مكبرات التقارن بالمسار المردد . اد برداد مفاعلة المكثف المانعة عند انخفاض تردد الإشارة الى النقطة التي تنص عندها جزءاً ملموساً من اشارتي الدخل والخرج . وهكذا يقلل مكثف الدخل المانع ، في هذه الحالة ، جزءاً من إشارة الدخل التي تسلط فعلياً على منطقة القاعدة [ أو البوابة ] للترانزستور ، مما يؤدي الى انخفاض كل من جهد الخرج وكسب الجهد .

ونستطيع طائفة من المكبرات تسمى مكبرات التيار المستمر ، والتي نضم طوائف حثية من مكبرات التقارن والمكبرات القطاعية ، ان تكبر بالنسبة لجميع الترددات ابتداءً من التيار المستمر [ تردد قيمته صفر ] الى تردد القطع العلوي لها . ويمتد منحني الاستجابة في شكل ١١ - ٨ بالمحط المتقطع الى الترددات بقيمة صفر يمثل هذا النوع من المكبرات .

هذا وترتبط إشارة الدخل مباشرة بدخل المرحلة الأولى لمكبرات التقارن المتكسر ويتم التوصيل مباشرة بين المراحل المتتالية .

ونعبر المكبرات التشغيلية التي ستوضح في الفصل الرابع عشر امثلة واقعية لمثل هذا النوع .

أما في المكبرات القطاعية ، من الإشارة المستمرة الداخلة تقطع الى سلسلة من النبضات باستخدام مفتاح من مادة شبه موصلة ، والتي تحول بعدئذ الى إشارة مترددة وتوصف هذه العملية في بعض الإحليل « بالتعبير » . وتكرر هذه الإشارة بواسطة مكبر تقارن متردد وعند خروج المكبر القطاع يستخلص المصممة من الإشارة المترددة لتعطى إشارة مستمرة . وتستخدم المكبرات القطاعية بكثرة في تطبيقات أجهزة القياس حين يراد قياس كمية صغيرة جداً من الجهد .

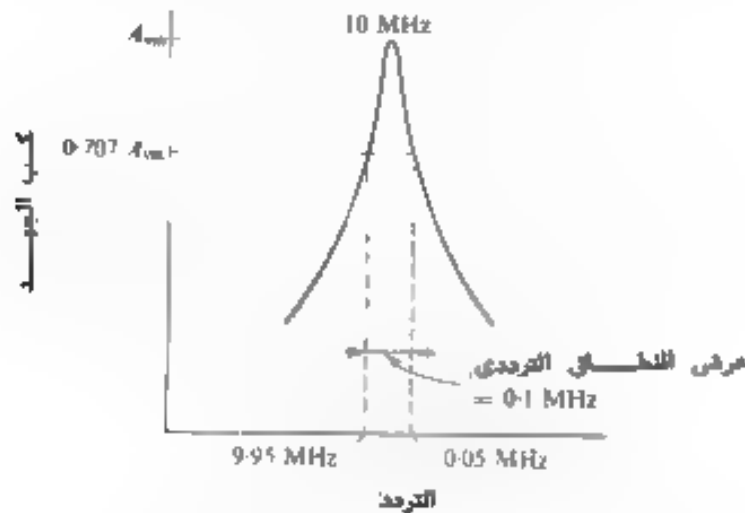
هذا ويرجع السبب في انخفاض كسب الجهد ، عند نهاية التردد المرتفع

لمحضى الاستجابة الترددي ، الى تأثير معيد لم تسبق مناقشته . فبظرا لان الاسلاك والكواب في دائره المكر تكون متصلة من هيكل المعدات ، فان كلا منهما يمتلك دائره تكون متلازية معه وتظهر بين اى منها وبين الهيكل ويعرف هذه المكثفات بالسعات الشاردة هذا ومن ضمن صفات اى مكثف ان معايله تقل بارتفاع التردد ( تذكر  $X_C = 1/(2\pi fC)$  ) فعند الترددات المرتفعة ، تقل معايله المكثفات الشاردة وتتناثر بالمار من المكر ، حتى تؤدي الى دائرة قصر كامله على حرج المكر عند الترددات العاليه جدا . ويؤدي هذا الى انخفاض مراد في كسب الجهد عند الترددات العاليه .

## ١١-٧ مكبر موالف

يعطى المكر الموالف قيمة كسب مرتفع على نطاق ضيق من الترددات وقيم كسب منخفضة جدا عند كل الترددات الاخرى .

نستخدم المكبرات الموالفة عادة في تطبيقات الترددات العاليه ، وبوصف شكل ١١ - ٩ محضى استجابه [ بطنى ] لمكر موالف عند تردد [ اللاملى ] [ راديو ] ويحصل على عرض النطاق الترددي الضيق الموضح في الشكل ( 0.1 MHz عند تردد 10 MHz ) باستخدام دوائر موالفة ذات معامل جودة Q مرتفع .



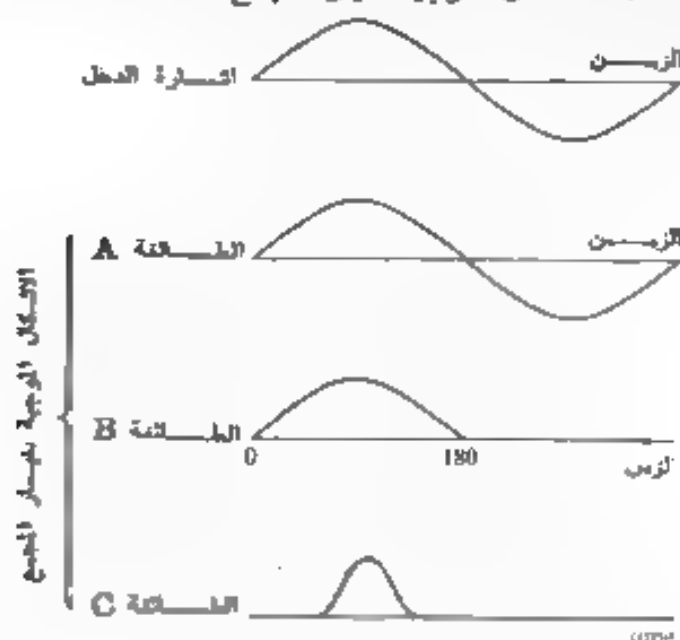
شكل ١١ - ٩ محضى الاستجابة الترددي لمكر موالف .

## ١١-٨ مكبرات القدرة

مكبرات القدرة هي المكبرات التى يكون الاعتماد الاول فيها للقدرة المعطاة للحمل باكبر كفاءة ممكنة [ ومن الممكن ان يكون الحمل عبارة عن نقطة

الكثروميكانيكية مثل الجهار أو فئس محرك كهربائى . ويكتسب الشكل الموجى للخرج من مكبرات القدرة فى بعض الحالات تشوها قليلا ، وتعتمد كمية التشويه المقبولة على نوع التطبيق .

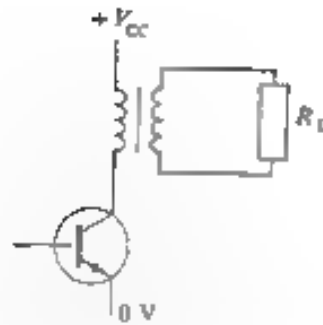
وعند هذا الحد ، ربما يحدربنا مناقشة طوائف أو درجات تشغيل المكبر، على احدى الطرق المستخدمة لتقسيم عمل المكبرات تحت دورة الإشارة التى ينسب السار خلالها فى ترائنستور الجرج هى الفصل . وتوجد هناك ثلاثة طوائف احتمالية تعرف بالطائفة A والطائفة B والطائفة C ، ويوضح شكل ١١ - ١. الاشكال الموجية لتيار المجمع لكل منها .



شكل ١١ - ١. الاشكال الموجية لتيار المجمع فى مكبرات الطائفة A والطائفة B والطائفة C

على مكبرات الطائفة A ، يساوب التيار فى ترائنستور الجرج خلال فترة النبضة الكاملة لدورة النخل ، وينطاق أسلوب العمل فى هذه الحالة مع أسلوب مكبرات الجهد التى سبق توضيحها فى هذا الباب . ومن الجدير بالذكر أن اكبر كفاءة قدرة محولة بين نظام مصدر القدرة والحمل للمكبر من النوع الموضح فى شكل ١١ - ٦ عندما ما يحمل على أسلوب الطائفة A لا تتعدى 25% وتزداد كفاءة المكبر اذا تقارن الحمل مع الدائرة عن طريق محول كما هو مبين فى شكل ١١ - ١١ . وتكون قيمة اكبر كفاءة فى هذه الحالة 50% من الوجهة النظرية ول سوء الحظ يمثل محول الجرج فى مثل هذه الدوائر واحدا من المصادر الرئيسية لتشويه الإشارة ، ويؤدى الى اداء غير جيد فى كثير من مكبرات القدرة الرخيصة . ومن الناحية الواقعية، تقل ، قيم الكفاءة التى نحصل عليها بكثير عن هذه القيم .





شكل ١١ - ١١ محول متقارن مع الحمل .

أما في مكبر الطائفة B ، فإن استيار يساهم في ترانزستور الحرج خلال نصف فترة الدندبة الكاملة لدورة الدخل [ انظر شكل ١١ - ١٠ ] ويسمى أن نقرر بأن اكبر قيمة للكفاءة من الناحية النظرية تبلغ 78.5% في هذه الحالة . وتعمل معظم مكبرات قدره التردد السمي بأسلوب الطائفة B [ انظر مكبرات دفع وهذب ميبا بعد ، او بأسلوب يقترب من أسلوب هذه الطائفة ويضحي بحطية الكسب هنا على حسب الكفاءة .

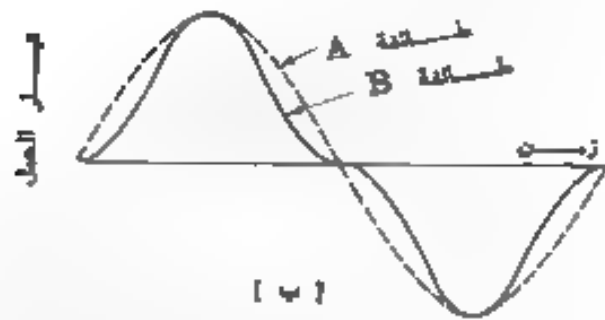
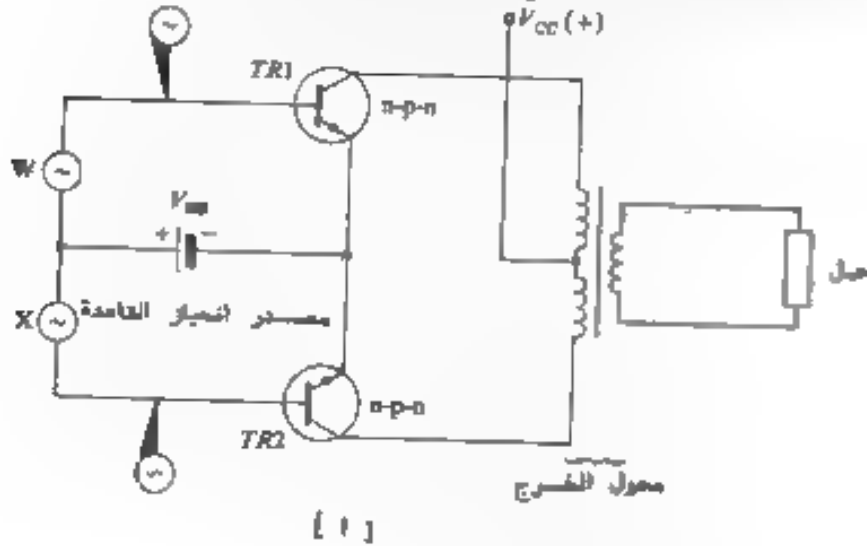
وفي مكبر الطائفة C ، يساهب التيار في ترانزستور الحرج اثناء فترة تقل عن نصف موجة اشارة الدخل . ويكون كفاءة هذا النوع احسن من مكبرات الطائفة B ، ولكنها لا تستخدم في مكبرات القدرة للتردد السمي بسبب ما يحمله هذا النوع من تشوه غير محتمل ومع هذه الطائفة تستخدم بعض المكبرات دوائر موالفه مكوّنة من LC كما يقع في حالة المكبرات التي تعمل على ترددات اللاسلكي والفضيات .

**مكبرات جنب - دفع** - كنسخة لمحصن الشكل الموجي لتيار المجمع للمكبر الذي يعمل في الطائفة B [ انظر شكل ١١ - ١٠ ] يتبين أنه ليس من المجدى استخدام ترانزستور واحد فقط ، حيث أن شكل موجة التيار ان هو الا نسخة مترجمة من تقويم اشارة الدخل . وحتى يتسنى ازالة هذا العيب، فنستخدم وحدتين من الترانزستور لترجعا شكل موجة الحرج الى شكلها الصحيح . ويوضح شكل ١١ - ١٢ الترتيب الشائعة لدائرة تعمل في الطائفة B كمكبر دفعي - جني ولبيست صورة هذه الدائرة بقتعرة على الطائفة B . واسيا يمكن استخدامها بالاضافة مع وحدات ترانزستور محدارة لكي تعمل في الطائفة A . ونسعى أن موحة الانتقاء الان الى نظام عمل دوائر طائفة B .

وقد يتذكر القارئ طبقا لخواص وحدات الترانزستور ان الامر يستلزم احيازاً آماباً بين القاعدة والباعث قبل أن يبدأ انسياب تيار المجمع . ولتيسر الظروف الملائمة للعمل مع مكبر الطائفة B ، يجب أن تساوى الـ . ق.د.ك لبطاريه احياز القاعدة في شكل ١١ - ١٠ ، قيمة جهد القطع للترانزستور بالصبط ، بحيث تصبح قيمة تيار السكون في كلنا وحدتي

الترانزستور مساوية للصفر . وبالتالي لا ينسحب التيار في أى من نصفى الملف الابتدائى للحول الى أن تسقط إشارة تدفع وحدة من وحدتى الترانزستور لكي تصبح أمامية الانحياز .

ولتشغيل المكر دفع - هذب امين في شكل ١١ - ١٢ ، ندعو الحاجة الى اثنتى بطل  $X$  و  $W$  وتصاد كل إشارة الإشارة الأخرى ، [ لتعاكسهما ] كما هو موضح بالشكل ،



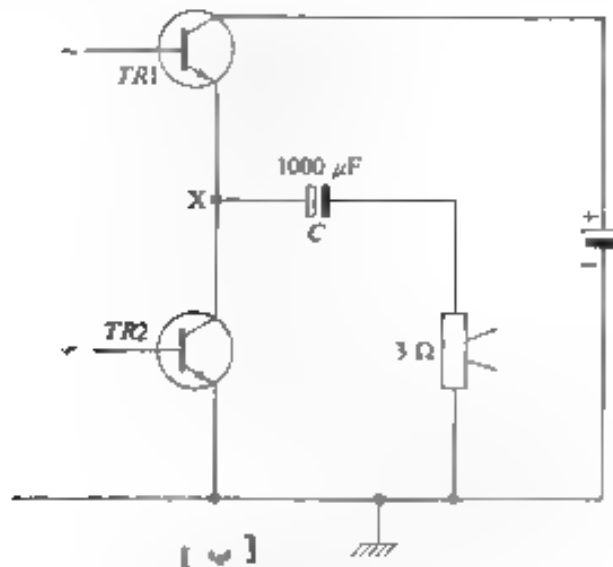
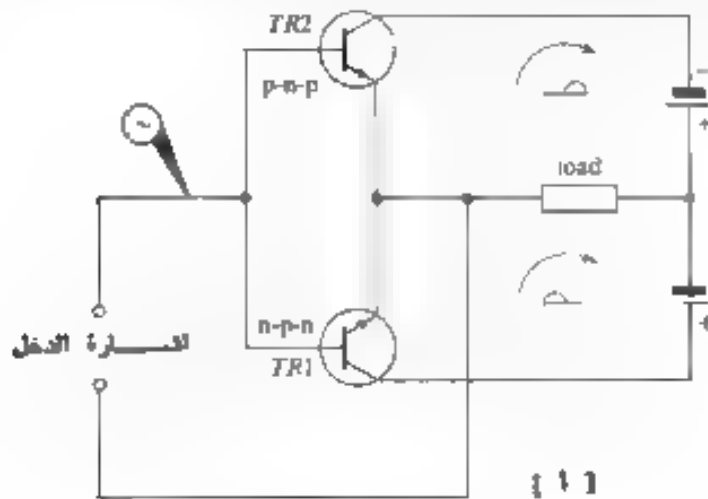
شكل ١١ - ١٢ فكرة عمل مكبرات دفع وجذب [ ب ] الشكل الموجية تيار العمل

ويمكن الحصول عليهما من الملف الثانوى لحول ذى نقطة تفرع متوسطة او من دائرة شطر الطور الالكترونية هذا ويسلط جهد موجب على قاعدة الترانزستور ،  $TR_1$  لتصبح موصلة خلال النصف الاول من دورة إشارة الدخل  $W$  ، وتسمح للتيار أيضا في الحمل [ حيث أن جهدا سالبا يسلط على قاعدة الترانزستور  $TR_2$  في نفس الفترة الزمنية ، فانها تصبح في حالة قطع ، وبالتالي لا ينسحب أى تيار في النصف السفلى للملف الابتدائى لحول الخرج خلال هذه الفترة .

ويعكس الحال خلال النصف الثانى لدورة كل من موجتى الدخل أى أن

TR1 يصبح في حالة قطع ويصبح TR2 في حالة توصيل . وهكذا ينساب التيار في النصف السفلي لللف الابتدائي ذو نقطة التفرع الموصلة لحول الحرج ولكنه لا ينساب في النصف العلوي . ويؤدي ذلك الى تأثير عكسي بالنسبة لاتجاه التيار المنساب خلال الحمل . هذا وتكرر العملية السابقة خلال كل دورة من اشارة موجة الدخل ، وبهذه الطريقة ، يمثل الشكل الموجي للتيار المنساب خلال الحمل مع اشارة الدخل .

ولسوء الحظ ، تتحني الخواص التي تربط تيار المجمع بمعهد الدخل للترانستور شائي القطب قرب نقطة القطع . ويؤدي هذا الى تأثير على مكبر الطائفة اذ يشوه المكنر الشكل الموجي عند المنطقة التي تصبح قيمة التيار عندها مساوية للصفر . وفي شكل ١١ - ١٢ [ ب ] يوضح هذا التأثير بالنسبة للشكل الموجي . ويعرب هذا النوع من التشوه بالتشوه المفرقي [ المشترك ] وتدعو احدى الطرق للاقلال من قيمة هذا التشوه [ الى



شكل ١١ - ١٢ الدوائر الانسية لمرحلة خرج التردد السمي بدون محول

زيادة قيمة جهد الانحياز للقاعدة  $V_{BB}$  ، بحيث يعمل المكثف مصفحة جزئية في كل من الطائفتين A و B . وينسب هذا الأسلوب من العمل للطائفة AB .

عندما كان جهد انحياز القاعدة كبيرا بالدرجة الكافية ، نستطيع مكبرات الدفع - جذب أن تعمل في الطائفة A .

### مراحل خرج قدرة بدون محول :

من الأفضل تخيب تصميم المكبرات باستعمال المحولات حينما يكون ذلك ممكنا والسبب هو أنها عالية الكفاءة وكبيرة الحجم وتسبب تشوها للإشارة . ويوضح شكل ١١ - ١٣ دائرتين أساسيتين لمرحلتي خرج قدرة بدون محول .

ونستخدم الدائرة التي في شكل ١١ - ١٣ [ أ ] ترانزستور سي - م - سي ، وترانزستور م - سي - م لهما خواص متماثلة . وتوصف هذه الأنواع من أزواج الترانزستور بأن لها تماثل متتام . وتسلط إشارة الدخل المشترك على كل من مقطبي القاعدة لوحدتي الترانزستور ، ويوصل ترانزستور واحد فقط خلال كل نصف دورة لوجة الدخل . فيصبح الترانزستور TR1 موصلا خلال نصف الدورة الموجب ، وينسحب التيار خلال الحمل من الشمال إلى اليمين . ويوصل الترانزستور TR2 خلال نصف الدورة السالب للإشارة الدخل ويعكس اتجاه تيار الحمل .

ويوضح شكل ١١ - ١٣ [ ب ] نوعا شائعا لدائرة الخرج ، يستخدم مصدر قدرة واحد مع وحدتي ترانزستور من نفس النوع . وتعمل هذه الدائرة في الطائفة AB بحيث تطلع قيمة جهد توصيلة الباعث المشترك حوالي نصف قيمة مقدار جهد المصدر . هذا وتولد دائرة الكهرونية اثارتين متضادتين [ متعاكستين الطور ] وتسلط الاثارتان على قاعدتي وحدتي الترانزستور ، وينسحب من إشارة الدخل توصيلا أكثر شدة لوحدتي وحدتي الترانزستور وتوصيل أقل شدة للوحدة الأخرى . وتكون النتيجة أن القطبية اللحظية لنقطة X في شكل ١١ - ١٣ [ ب ] تتغير تغيرات إشارة الدخل . وينتقل هذا التعبير في الجهد خلال المكثف المعلق C إلى الحمل .

## ١١-٩ الترانزستور كمفتاح

### المفتاح الإلكتروني الصفات الآتية :

[ أ ] عندما يكون مفتوحا OFF ، لا ينسحب خلاله تيار ويظهر جهد المصدر بالكابل بين طرفيه .

[ ب ] عندما يكون مغلقا ON ، ينسحب خلاله تيار ذو قيمة كبيرة ويكون فرق الجهد بين طرفي المفتاح من النهاية الواقعية مساويا للصفر .

تستخدم كل من وحدتي الترانزستور الثنائية القطب وترانزستور التأثير — المجالي كمفتاح إلكتروني ، ولكن نظرا لبعض الاعتبارات . فأن خواص هاتين الوحدتين من الترانزستور لا تحقق المتطلبات المذكورة مسبقا .

ولتوضيح هذه النقطة ، دعنا نأخذ في الاعتبار المنحنيات لميزة لخرج الباعث المشترك المصممة في شكل ١١ — ١٤ . يقال أن الترانزستور معلق ON أو تشبع عندما يعمل عند النقطة B من المنحنيات المبينة . وفي هذه الحالة ، يمر بوحدة الترانزستور تيار ذو قيمة كبيرة ١ مثلا 10 mA ، وتصبح قيمة الجهد بين طرفيه (المجمع والباعث) عند أقل قيمة لها في حدود 0.1V إلى 0.3V . وعندما يعمل الترانزستور بأسلوب الباعث المشترك ، يصبح للترانزستور مقاومة ذات قيمة معينة بصفة دائمة ويظهر بين طرفيه جهد ذو قيمة صغيرة . هذا ويقال أن الترانزستور الذي يعمل عند النقطة B في القاع ، حيث يصل جهد محمله إلى أقل قيمة ، ويصبح الترانزستور في حالة عدم توصيل OFF [في حالة قطع] عندما تقل قيمة تيار القاعدة إلى الصفر ، وفي هذه الحالة ، يقترب الترانزستور من حالة السماح المثالي ، حيث يمكن أن تقع قيمة تيار التسرب خلال الترانزستور في حدود مصمة نانو أمبير [1 nA = 10<sup>-9</sup> A] .

وعند استخدام الترانزستور كمفتاح ، فإنه يصبح إما في حالة قطع أو في حالة توصيل طول الوقت ويمكن أن يستغرق الزمن الذي يأخذه الترانزستور لينتقل من حالة إلى أخرى حوالي 20 نانو ثانية تقريبا

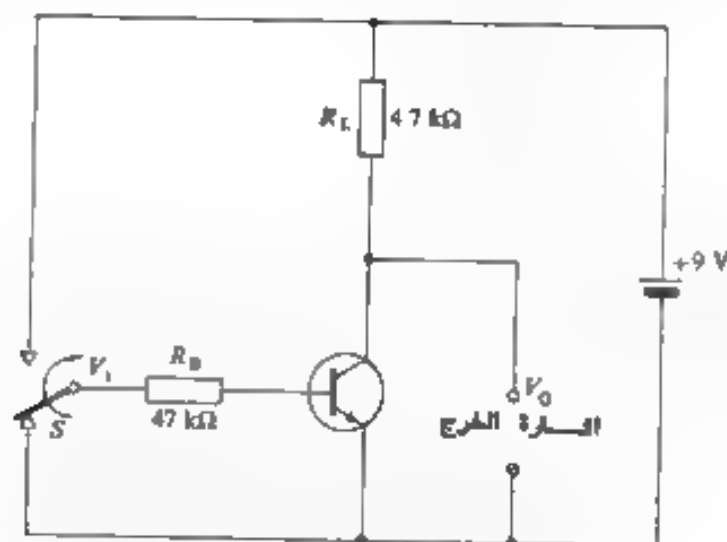


شكل ١١ — ١٤ المنحنيات الموضحة على خواص الفرج ثنائي القطب المستخدمة في عمليات القطع والتوصيل

## ١٠ — ١١ الدائرة الأساسية لمفتاح ترانزستور

يوضح شكل ١١ — ١٥ دائرة المفتاح الإلكتروني البدائي . ففي هذه الحالة ، تكون قيمة مقاومة القاعدة  $R_B$  منخفضة إذا قوربت بقيمتها 330 kΩ المستخدمة في حالة المكنر الحظي [شكل ١١ — ٣] . وكما

سنرى فيما يلى ، اخبرت القيمة المتخذة للمقاومة  $47\text{ k}\Omega$  فى شكل ١١ - ١٥ للتأكد من ان الترانزستور خلال عمله كمفتاح يستطيع ان يقطع بالكامل .



شكل ١١ - ١٥ الدائرة الأساسية للمفتاح الترانزستوري ( بوابة لاسمى 1 .

ولنأخذ الآن فى الاعتبار عمل الدائرة عند ما يكون فصل المفتاح S فى الوضع المبين . وفى هذه الحالة ، تكون قيمة كل من  $V_i$  و تيار القاعدة مساوية للصفر . وفى أسلوب العمل هذا ، يصبح الترانزستور قاطعاً [ فيما ينظر العمل عند النقطة A من منحنى الخواص فى شكل ( ١١ - ١٤ ) ويكون تيار المجمع مساوياً للصفر . وفى حالة اللاحمل بين طرفى المخرج ، لا ينساب أى تيار خلال المقاومة  $R_L$  ولا يتسوى جهد المخرج مع قيمة جهد المصدر [  $+9\text{V}$  ]

وعند تحريك فصل المفتاح S الى وضعه العلوى ، ينساب التيار فى قاعدة الترانزستور خلال المقاومة  $R_B$  على أن تكون القيمة المختارة للمقاومة  $R_B$  صغيرة صفراً كانياً . وللتأكد من عودة الترانزستور الى التسميع ، فى هذه الحالة ، فإن قيمة جهد المخرج تقع فى المدى من  $0.1\text{V}$  الى  $0.3\text{V}$  ويمكن استخدام العلاقات الآتية ، كإرشاد تقريبي لقيم المكونات المستخدمة فى الدائرة .

$$\frac{\text{قيمة جهد المصدر}}{\text{اكثر قيمة لتيار المجمع}} = R_L$$

$$R_L = R_B \times \text{قيمة كسب التيار للترانزستور}$$

## ١١ - ١١ الدلالة الثنائية

إن النظام الثنائي ما هو إلا عبارة عن نظام ذو مستويين أو نظام ذي طينقين ، حيث يتحدد خرج إشارة كل عنصر في هذا النظام ، بكل تأكيد ، حالة واحدة فقط من حالتين متميزتين فيتخذ الرقم في نظام الأعداد الثنائية قيمة واحدة من قيمتين إما الصفر (0) أو الوحدة (1) . وفي علم الإلكترونيات ، وسيمثل دائما كلمة ببت bit وهي احتمال كلمتي رقم ثنائي في اللغة الانجليزية binary digit ، عند وصف كيفية تشغيل النظام المنطقية .

وبما أن جهد الخرج من دائرة القطع أو التوصيل الإلكترونية إما أن يكون صفرا أو يكون له جهد موجب [ أنظر شكل ١١ - ١٥ ] ، فله من الممكن اعتبارها كدائرة تعمل بالرموز الاصطلاحية الثنائية . وأنه لا مبال في التطبيق أن يوصف جهد الخرج بالمنطق «0» عندما تكون قيمة لعملية تساوي الصفر ، بينما يوصف بالمنطق «1» عندما يتخذ قيمة عالية . ويعرف هذا الوصف بالدلالة المنطقية الموجبة .

علما بأن القيمة الفعلية لجهد الخرج من الدائرة نفسها تصبح قليلة المعدي ، حيث يمكن وصف نطاق من الجهد في المدى من 0V إلى 0.5V مثلا بالمنطق «0» بينما يوصف النطاق من الجهد في المدى من 4.5V إلى 5V مثلا بالمنطق «1» . ويقع جهد الخرج في واحد من هذين النطاقين عند التشغيل ويتحدد له قيمة بين هذين المستويين المنطقيين في فترة الزمن القصيرة جدا عند الانتقال من حالة إلى حالة أخرى .

## ١١ - ١٢ بوابة اللاسماح المنطقية

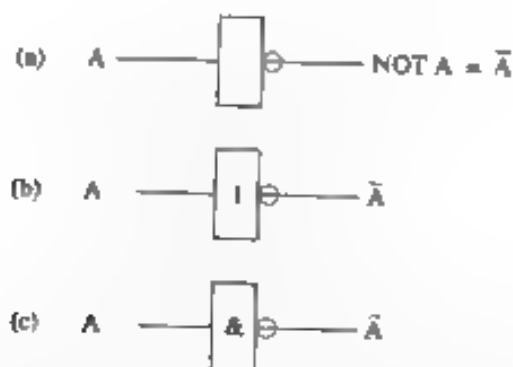
يعرف عنصر الدائرة الثنائية أو العنصر المنطقي ، كما يسمى في بعض الأحيان بالبوابة الإلكترونية وبرجع السبب في هذه التسمية إلى العنصر المنطقي الذي إما أن يكون مغنوحا ليمسح بالنسيب المطلوبات ، أو يمكن أن يكون مغنوحا لمعها . ويعطى لكل بوابة على حدة اسم معين يمكن ، لأقصى حد ممكن ، أن يصف الوظيفة التي تؤديها . مواحدة من هذه البوابات مثلا هي بوابة اللاسماح NOT .

وكما عرض في الفصل ١١ - ١١ تستطيع كمية ثنائية أو متغير ثنائي أن تتخذ قيمة واحدة فقط من قيمتين عند أية لحظة زمن . وحيث أن الكمية الثنائية تستطيع أن تتخذ إما القيمة «1» أو القيمة «0» فإنها تكون «1» NOT عندما تتخذ القيمة «0» وتكون «0» NOT عندما تتخذ القيمة «1» . وتوصف أية دائرة إلكترونية ، بخط دخل واحد له إشارة خرج تتخذ قيمة منطقية بعكس إشارة الدخل ، سواء لاسما- NOT . وقد اشتق هذا الاسم من كل مسطرة من مطلق الحقيقة أن إشارة الخرج NOT تساوي القيمة

المنطقية لإشارة الدخل . وفي مثل هذه الدوائر ، يقال أن الحرج هو المتغير المنطقي أو العاكس المنطقي لإشارة الدخل ويوضح شكل ١١ - ١٦ الرموز التقليدية لمثل هذا النوع من دوائر البوابات وتمثل عملية العاكس المنطقي ببساطة . يوضح شرطه أفقيه على الإشارة المطلقة على دخل البوابة . وهكذا

$$A = \text{NOT } A = \text{الحرج}$$

ويوضح شكل ١١ - ١٥ دائرة في مدائة NOT ، حيث يكافئ الجهد  $V_0$  الإشارة  $A$  .



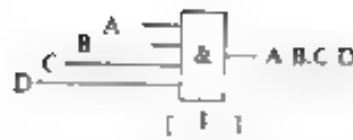
شكل ١١ - ١٦ دوائر الرموز المنطقية لبوابة الانعكاس NOT .

وحيث أن شكل ١١ - ١٥ يحتوي على مقالومات وترانزستور فقط ، فإنها توصف بموايه الاسماء NOT المنطقية من الترانزستور والمقاوم RTL وتعتبر مجموعة البوابات المنطقية من الترانزستور والمقاوم هي أول الدوائر التي صنعت في شكل دوائر متكاملة ( انظر ايضا الباب الثاني عشر ) . وقد حل محل هذا النوع دوائر أخرى أكثر تعقيدا مستوصف فيما بعد في هذا الباب .

## ١١ - ١٣ بوابة و (AND) وبوابة أو (OR)

تتخذ بوابة « و » (AND) أكثر من خط دخل واحد وتنتج إشارة المنطق «1» عند طرفي خرجها إذا ، وإذا فقط ، كان المنطق «1» مسلطا على كل خط من خطوط الدخل في نفس الوقت . ويشترك اسم البوابة من العبارة كما يلي . فلنفرض أن للبوابة أربعة خطوط دخل  $A$  و  $B$  و  $C$  و  $D$  كما هو موضح في شكل ١١ - ١٧ [ ١ ] ، لذا يصبح الخرج من البوابة المنطقية «1» إذا ، وإذا فقط كتبت جميع الخطوط  $A \text{ AND } B \text{ AND } C \text{ AND } D$  . اتخذنا بإشارة المنطق 1 في نفس الوقت . فلذا سلط المنطق «0» على أي دخل منها ، فإن خرج البوابة يصبح أيضا «0» .





شكل ١١ - ١٧ : بين [ ا ] و [ ب ] الرموز المستخدمة لبوابات AND و [ ج ] و [ د ] الرموز المستخدمة لبوابات OR

ويمثل عمله البوابة المنطقية AND بكتابة قائمة لمغيرات الدخل ، على أن تفصل كل منهما عن الأخرى بقطعة « . » كما يلي :

$$\text{الخرج من البوابة} = A.B.C.D$$

ولبوابة OR أكثر من خط واحد للدخل ، لكنها تولد المنطق « 1 » عند خرجها كلما تم تسليط المنطق « 1 » على واحد أو أكثر من خطوط دخلها .  
لنأخذ الآن في الاعتبار البوابة OR في شكل ١١ - ١٧ [ د ] . أيها المتولد إشارة خرج بالمنطق « 1 » إذا سلط بالمنطق « 1 » على  $A \text{ OR } B \text{ OR } C \text{ OR } D$  .  
فلذا تم تغطية جميع خطوط الدخل بإشارة المنطق « 0 » في نفس الوقت ، فإن خرج البوابة يصبح « 0 » فقط . وفي إحدى الطرق المستخدمة لتمثيل عبارة OR نكتب قائمة بمتغيرات الدخل ، على أن تفصل كل منها عن الأخرى بعلامة زائد + كما يلي :

$$\text{الخرج من البوابة} = A + B + C + D$$

## ١١ - ١٤ بسمبوابتي NAND و NOR

أر سمة الإشكال العمليه للبوابات الالكترونية لتمثل في أنها تهيء ، بطريقة تكاد تكون ثابته ، دالة NOT أو النعكاس المنطقي في صورة أو أخرى .

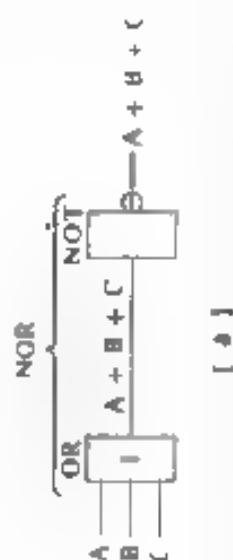
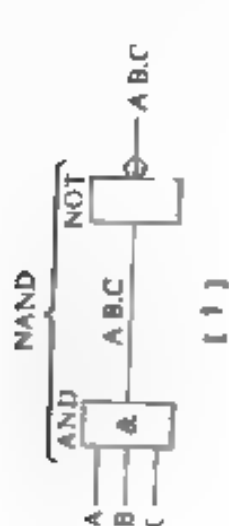
فياتحاد بوابة AND مع بوابة NOT بالطريقة الموضحة في شكل ١١ - ١٨ [ ا ] يصبح خرج هذه المجموعة هو دالة NOT للخرج من بوابة AND . وتعرف الشبكة الناتجة ببوابة NAND : ويوضح شكل ١١ - ١٨ [ ب ] و [ د ] الرموز التقليدية لهذه الدائرة . وحيث أن خرج هذه البوابة هو  $\text{NOT } (A \text{ AND } B \text{ AND } C)$  فلها تمثيل بالتعبير الآتي :

$$\text{الخرج من بوابة} = A.B.C = \text{NAND}$$

تتولد الدالة المبطنية المعروفة بدالة NOR بتحتل بوابة OR مع NOT بالطريقة الموصحة في شكل ١١ - ١٨ [ د ] . ويصبح الخرج من البوابة هو دالة NOT للخرج من بوابة OR ، وهكذا ،

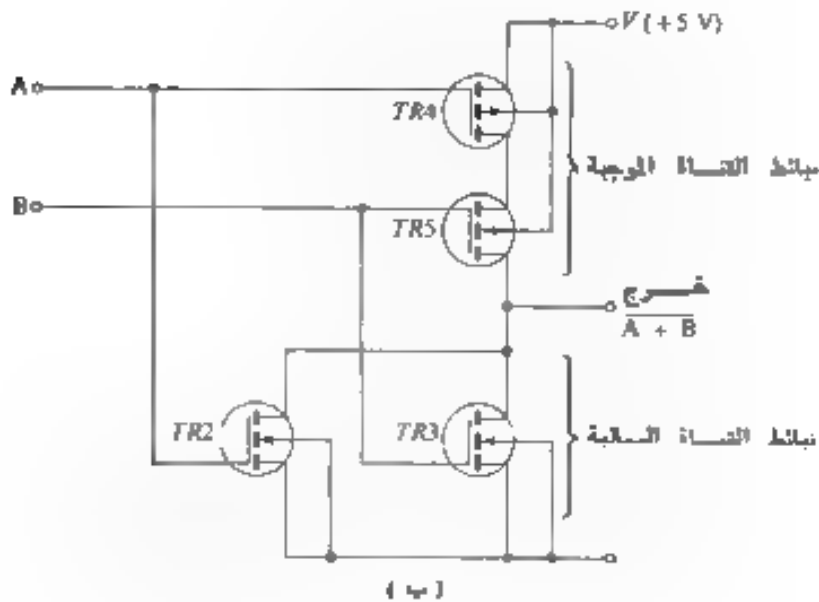
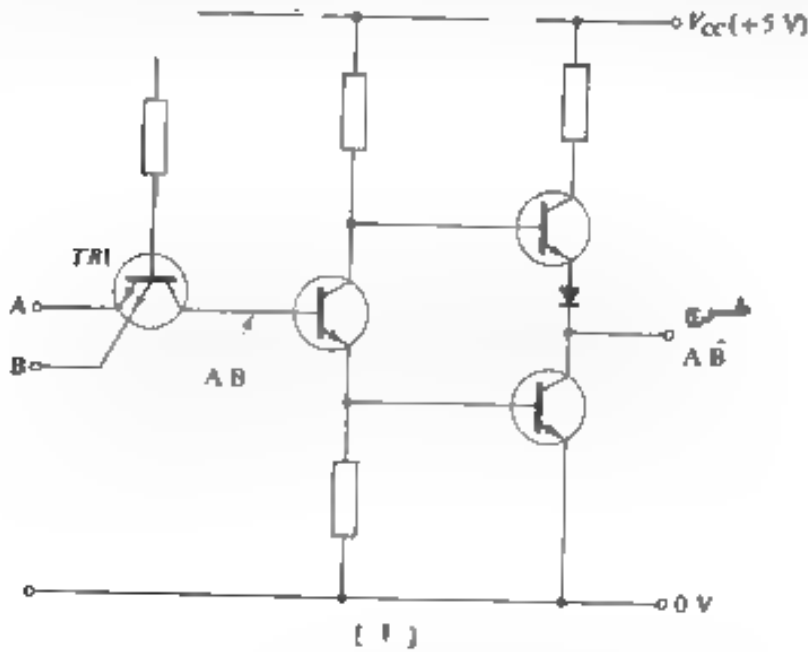
$$A + B + C = \text{NOT } (A \cdot B \cdot C)$$

ويوضح شكل ١١ - ١٨ [ هـ ] و [ و ] رموز دائرة بوابة NOR .



شكل ١١ - ١٨ هـ ، دائرة بوابة NAND ومثبتة في [ د ] مع رموز دالتها في [ هـ ] و [ و ] وتلك دالة الاساسية بواسطة الدائرة [ هـ ] ، ويوضح [ ز ] و [ ح ] رموز هذه الدائرة .

ولكى نبين درجة تعقد دوائر المنطق الالكترونية الحديثة ، نقصد اظهر الرسمين [ ١ ] ، [ ب ] من شكل ١١ - ١٩ توصيلات دائرتي تحليل لدائتي NAND و NOR على التوالي . وتعتبر دائرة NAND بالرسم [ ١ ] جزءاً من مجموعة منطق ترانزستور - ترانزستور (TTL) ، والتي تستخدم بكثرة في التجارة والصناعة والمعدات المنزلية . وتتخذ هذه المجموعة المنطقية سمة لتمثل في تعدد البوابات للترانزستور TR1 . وتولد هذه المنطقية عند معيها الدالة AND المطلقة لاسمات الدخل . وبقيّة الدائرة هي بوابة NOT عالية السرعة . وتعتبر البوابة NOT ، بالرسم [ ب ] ،



شكل ١١ - ١٩ [ ١ ] ترانزستور ثنائي القطب من مجموعة منطق ترانزستور .

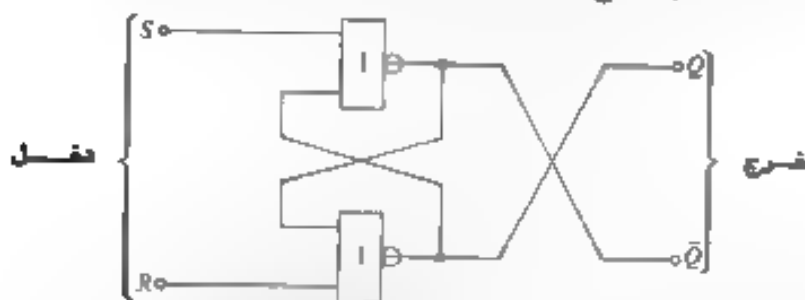
ترانزستور بوابة NAND أي TTL NAND وab بوابة NOR لأشياء  
الأكس معدنية المتتامة أي CMOS NOR .

مثالا للمجموعة المنطقية لأشياء الموصلات الأكسي معدنية المتتامة التي  
تستخدم كلا من القمانين الموحدة والسلسلة لوححدات ترانزستور أسماء  
الموصلات الأكسي معدنية . وتستخدم هذه البوابات بكثرة في الحسابات  
الإلكترونية المتتامة .

## ١١ - ١٥ شبكة الذاكرة للترانزستور (نظام S-R)

يقال ان التغطية لها « ذاكرة » اذا احتفظت باخر امر اعطى لها . فالقاطع  
النفقائي على الخط مباشره يعتبر مثالا بسيط لتغطية كهربائية لها ذاكرة .  
فالمصط على زر البدء تؤدي الى قفل القاطع النفقائي ، ميوصل مصدر القدرة  
للحمل وعندئذ يتذكر القاطع النفقائي الحقيقة القائلة بان آخر امر قد صدر  
كلى « البدء » ولا يفصل مصدر القدرة من الحمل الا عند ضغط زر « التوليف »  
مرة اخرى ، يتذكر القاطع آخر امر اعطى له بالتوقف ، فلا يعذى الحمل  
بقدره اخرى عند تصيب الزر .

ويمكن تكوين دائرة ذاكرة منطقية من الدوائر الاساسية بالحواس التي  
سبق ذكرها باستخدام وصلة سلبية من بوابتي NOR بالكتابة الموصلة  
في شكل ١١ - ٢٠ هنا يكافئ خط الدخل S [ الوضع Q - للحظ | زر  
« البدء » للقاطع النفقائي ، وينظر خط الدخل R [ اعاده الوضع Q -  
للحظ | زر « التوقف » للقاطع . وتحتلف هذه الدائرة عن اساطع النفقائي  
في ان لها خطي خرج متغيرين من الذاكرة [ .



شكل ١١ - ٢٠ دائرة ذاكرة اساسة S-R في نظام نفقائي الاستقرار

وهنا بالرسم الحرج المعتاد او الحرج Q والخرج Q (NOT Q) وهو المضم  
المطقي لاشارة الحرج Q . وبذلك يصبح  $Q = 1$  عندما تكون  $Q = 0$   
والعكس بالعكس .

ويمكن شرح عمل الدائرة باختصار كما يلي : اذا تم تسليط اشارة منطق  
« 1 » على الخط S [ عند هذه اللحظة  $R = 0$  ] ، فان خرج الخط Q

يحول الى «1» او يوضع عند مستوى المنطق «1» . ويستمر الاحتفاظ بهذه الحالة بعد ان تستقر الإشارة المسلطة على الخط S- الى الصفر . ونحول لإشارة خرج الخط Q او نعاد الى المنطق «0» بتسليط إشارة منطقته 1 على الخط R . [ عند هذه اللحظة  $S = 0$  ] .

ويشار الى الفوائد بالحواس السابقة بدوائر المثلث ، لان تسليط إشارة تحكم واحدة تؤدي الى « قفز » الخرج من حالة الى أخرى ، ويؤدي تسليط إشارة التحكم الثنية الى قفزة أخرى مرتدة للوضع الاصلى .

ويمكن مالمثل تركيب البطاطات من النوع الذى سبق وصفه من بوابات  
**NAND**

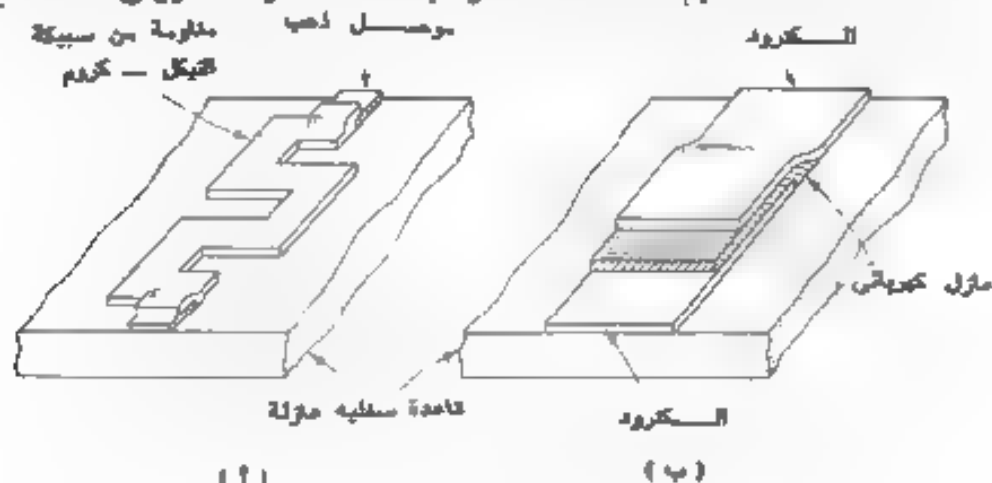
## الفصل الثاني عشر

### الالكترونيات الدقيقة والدوائر التكاملية

أدى التقدم في تصغير الدوائر إلى تحسينات في محول المعدات مع خفض في التكاليف ، والدوائر الدقيقة ، ببساطة ، هي تجميع مصغر جدا للوحدات الالكترونية ، علما بأن أكثر نوعين شائعين يعرفان بدوائر المشابكية (film) والدوائر التكاملية ذات القطعة الواحدة . ويرجع إلى النوع الأخير ببساطة كدوائر تكاملية (ICs) .

#### ١٢-١ الدوائر المشابكية

تصنع الدائرة المشابكية بترسيب أغشية من المواد الموصلة على سطح عازل أو طبقة سغلية . ولقد ورد ذكر الدوائر المشابكية لأول مرة في الفصل الثاني فيما يتعلق بالمقاومات الثابتة . وتصنف الدوائر المشابكية إما إلى غشاء سميك أو غشاء رقيق تبعاً لتكنيك الصناعة المتبع . وفي أي من الحالتين فالغشاء رقيق طبقاً لأي من المواصفات المتبعة ويوضح شكل ١٢-١ ( أ ) تركيب دائرة مقاومة غشائية . وقد تكون هذه المقاومة واحدة من عدة مقاومات يمكن أن ترسب على قاعدة سغلية بمقاس واحد مستطير مربع أو أقل . ومن سمات هذا النوع من المقاومات إمكانية تطبيقها ميكانيكياً خلال مرحلة التصنيع لتهيئة قيم دقيقة للمقاومات . ويوضح شكل ١٢-١ ( ب ) النموذج الذي يمكن تصنيعه لكثافة عالية منخفضة . وتضع ملفات الحبيبات ذات القيم المحددة بترسيب مسبار حلزوني مسطح



شكل ١٢-١ مكونات الدائرة المشابكية ( أ ) مسبار حلزوني ( ب ) مسبار

من مادة موصلة فوق سطح القاعدة السلبية ( وعموما ، عندما ندمو الحاجة لمكثفات أو سلفات بقيمة عالية فمن الأفضل التوصل اليها باستخدام المكثفات القياسية التي توصل خارجيا للدائرة العشوائية .

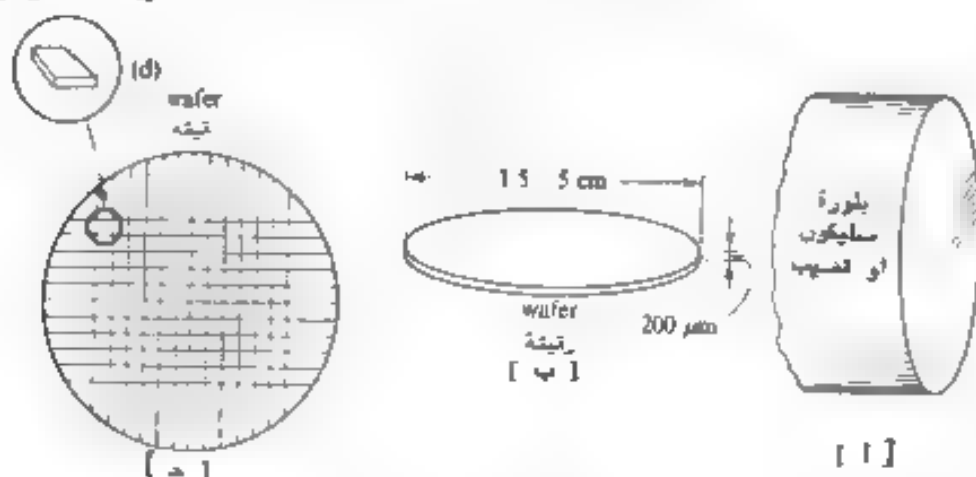
ومن الممكن تصنيع وحدات على شكل دائرة ترانزستور النانير - المجلى في شكل عشوائي .

## ١٢ - ٢ الدوائر التكاملية ذات القطعة الواحدة

تصنع جميع الدوائر التكاملية ذات القطعة الواحدة من مادة السليكون حيث ان حواملها تعتبر لفصل ما يتلأم مع عمليات تصنيع الدوائر التكاملية . وبمعى عبارة " قطعة واحدة " بسلطه ان الدائرة التكاملية مصنوعة من بلورة واحدة . سيوضح فيما يلى عملية الانفاج الاساسية .

اولا . تحفر السليكا ( الرمل بصفه عامة ) الرسليكون نقي . ومنها تنمو بلورة اسطوانية لها الامعاد الدائرية التالية . الطول 30 cm (12.25 in) والقطر يمكن ان يصل الى 5 cm (2 in) . تقطع بعد ذلك اسطوانة السليكون بواسطة مشمار ماسى [ المستخدم لقطع الزجاج ] لتعطى عددا كبيرا من الرقائق الاسطوانية ، والتي يصبح سمكها بعد الصقل حوالى 200 µm (0.008 in) ويوضح شكل ١٢ - ٢ ( ا ) و ( ب ) هذه العملية .

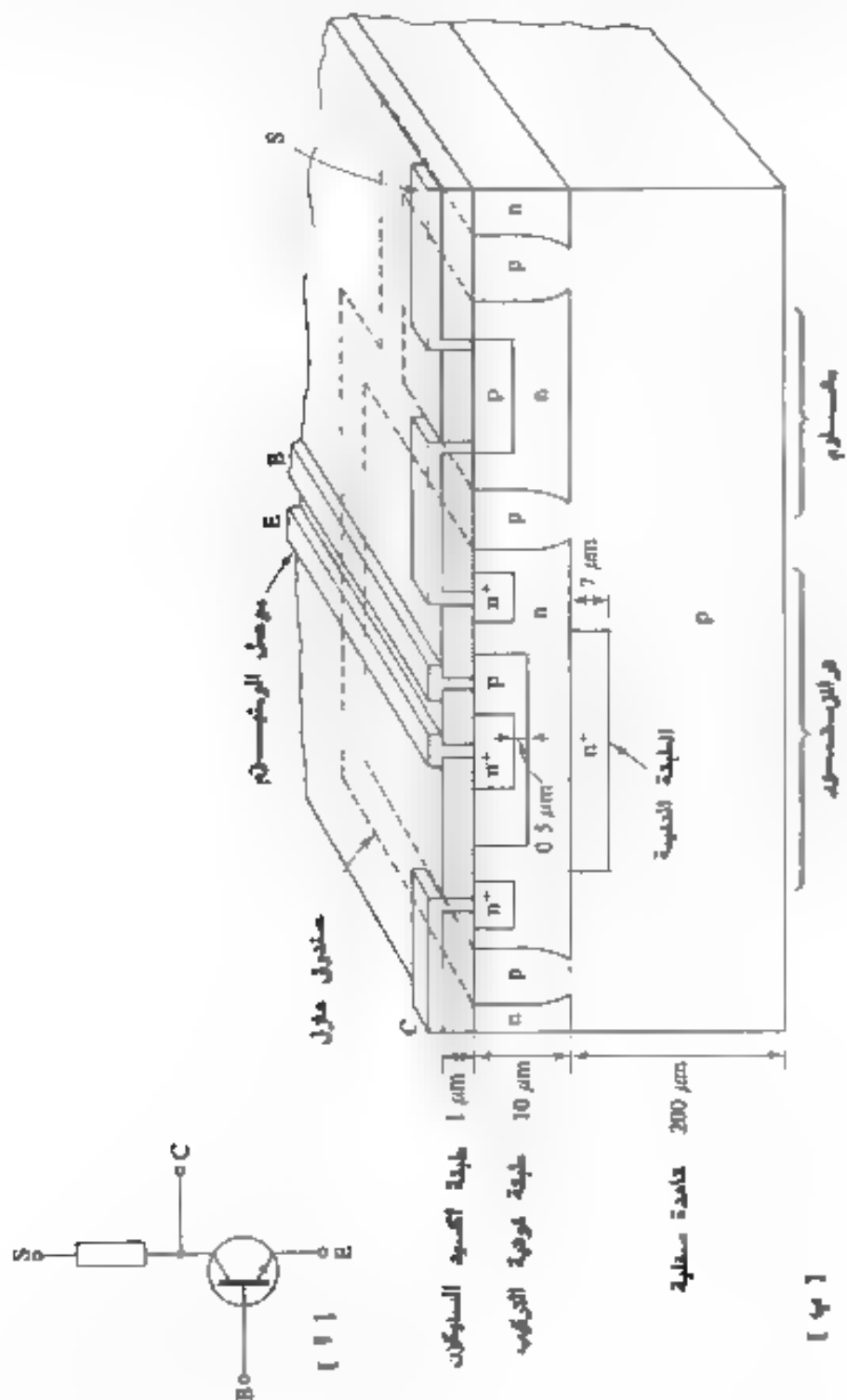
شريحة او رقبة



شكل ١٢ - ٢ العمليات المستخدمة في تصنيع الدوائر التكاملية ذات القطعة الواحدة .

وبعد ان تكون رقيقة السليكون قد تعرضت لعدة عمليات موضح فيما يلى ، فانها تحوى عددا كبيرا من الدوائر المفردة . ومن الممكن ان يصنع المقاس الطبعى لهذه الدوائر صغيرا جدا ، حيث يبلغ طول صلح مربعات بعضها جزءا من المليمتر . وللفصل الدوائر المفردة ، تقسم الشريحة [الرقيقة] الى شريحتين او رقائق بواسطة عملية تماثل عملية قطع الزجاج . ويوضح الرسملى ( ج ) و ( د ) من شكل ١٢ - ٢ هذه العملية .

تربط الشريحة بـ«عقد» الى ركويتها ، وبعد اتمام التوصيلات بين الدائرة التكاملية والاطراف الخارجية ، تكبّل لحمايتها من التلوث بالغو المحيط .





معرف طراز الدائرة التكاملية التي تنتج بالطريقة المبينة على أنها الدائرة التكاملية الفوتية الترتيب المنسطة [ الفوتية الترتيب مرحمة لكلمة epitaxial الاطيريه والمشتقة من البعة اليوانية ، والفوتية الترتيب المنسطة تملئ في الدائرة التكامليه قد رتب فوق سطح مسط ] .

## ١٢-٢ صنع الدائرة المتكاملة ثنائية القطب

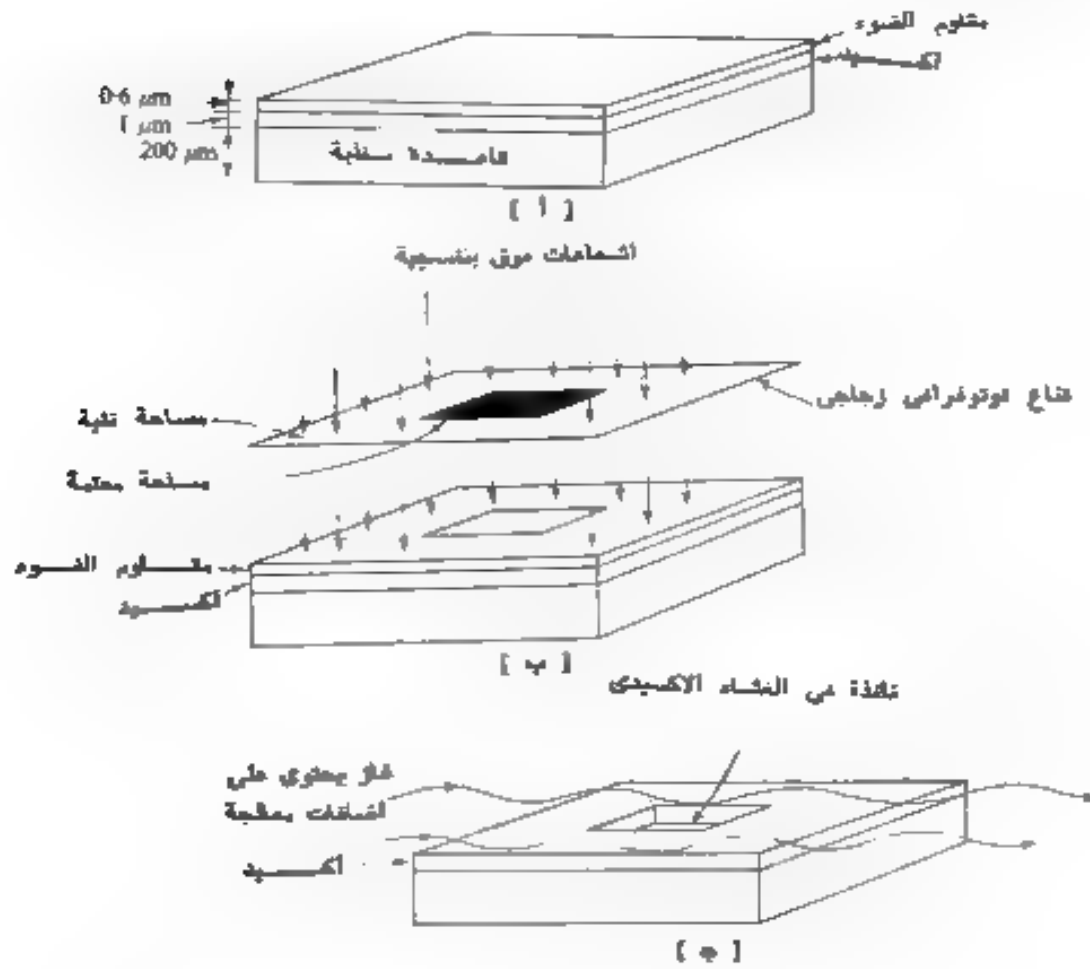
سنأخذ في الاعتبار الآن كيف يمكن تركيب الدائرة المبينة في شكل ١٢-٢ [ أ ] على صورة دائرة تكاملية ، اذ يمكن ان يصبح الشحكة المبينة جزءا من مكرر خطي او جزءا من دائرة مفتاح . وتظهر الدائرة التكاملية بعد تكميلها ، كما هو موضح في شكل ١٢-٢ [ ب ] ومقارن اجمالي للترانزستور مبلغ في العادة  $100 \mu m$  (0.004 in) وستلخص الخطوات المبينة عليها هذه العملية كما يلي :

**طبقة من  $n^+$  البنية :** نستخدم شريحة السليكون او الرقيقة المصنعة في العملية الاسدائية كتقاعدة سفلية ليركب عليها الدائرة كلها . ومن الممكن ان تؤدي المقاومة النوعية ، لمادة القاعدة السفلية ، ذات القيمة المرتفعة حقا ، الى عدم ملائمة الترانزستور المصنع موقعا للعمل كنسبة قطع وبوصيل ، [ مباح ، والنسبة على هذه الظاهرة ، ستشعر طبقة دقة من مادة شبه موصله نوع من + ذات موصلية مرتفعة من القاعدة السفلية عند نقطة على الشريحة تقع أسفل مكان الترانزستور الاخير مباشرة . وللمادة التي من النوع من + هي احدى المواد التي تريد فيه موصليتها عن موصلية المادة التقليدية من النوع من - . سيوضح فيما يلي عملية الانتشار تحت غوايس هما الانبات الاكسیدی والقناع الضوئي والانتشار . وهو يباين مبقة عالية عملية الانتشار المستخدمة في تركيب باقى الدائرة وسبب مبقة الطبقة البنية بهذا الاسم هو أنها تحفر أسفل سطح الدائرة .

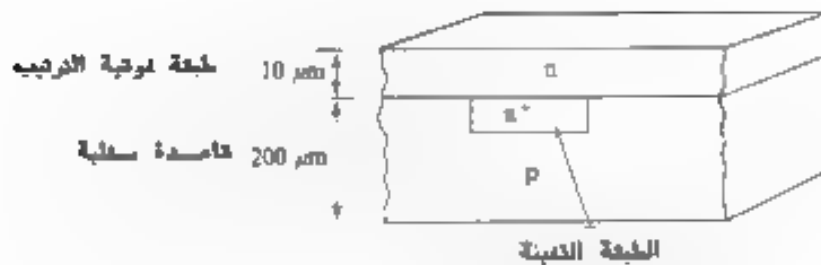
### النمو الاكسیدی والقناع الضوئي :

يؤكد السطح العلوي للطبقة السفلية بامرار محار عليها بعد مقلتها ومحصها ، ويبلغ سمك طبقة الاكسيد المبينة بواسطة هذه العملية حوالي  $1 \mu m$  يعطى السطح العلوي من الاكسيد معدن مادة حساسة للصوء تعرف بمقاوم الصوء ، كما هو موضح في شكل ١٢-٢ [ أ ] . ثم تعرض لمقاوم الصوء للأشعة فوق البنفسجية خلال قناع فوتوغرافي [ انظر شكل ١٢-٢ [ ب ] ، ثم تتصلد مساحات مقاوم الصوء التي كانت معرضة للصوء . اما المساحات التي كانت غير معرضة للصوء والمغطاة بالمساحات الممتية من القناع من لبنة وتداب بواسطة مادة مضيية ، مع ترك منطقة في مقاوم الصوء تتمشي الشريحة في الحمامي لازالة المساحة التي تعرضت للصوء من الغشاء الاكسیدی مع ترك « بقعة » تمتد الى السطح العلوي من القاعدة السفلية . يرال بعد ذلك الجزء الباقي من مقاوم الصوء بواسطة مادة مضيية اخرى ، ثم تشطف وتشف .

**الانتشار :** تمرر الشريحة في المرحلة التالية خلال غرس انتشار ، حيث تسخن إلى درجة حرارة سبع حوالي  $1200^{\circ}\text{C}$  ، ويمرر عليها غازات تحتوي على اضافات معالجة بمسببة ، انظر شكل ١٢ - ٤ [ ج ] تؤدي الاضافات المعالجة في الغاز الى تحول المساحة المكتسوبة من القاعدة السطحية النوع - م الى مادة من النوع - + وفي النهاية ، تنمو الطبقة الحبيبية المستشرية خلال القاعدة في طبقة الاكسيد بهذه الكيفية الى عمق حوالي  $7\mu\text{m}$  .



شكل ١٢ - ٤ إنتاج للطبقة الحبيبية من نوع +



شكل ١٢ - ٥ مقطع خلال الشريحة الترتيب بعد تكوين الطبقة نوعية الترتيب .

ثم تُمسح طبقة الأكسيد بعيداً لتترك القاعدة السفلية من النوع - م مع الطبقة الدفينة نوع س + على سطحها .

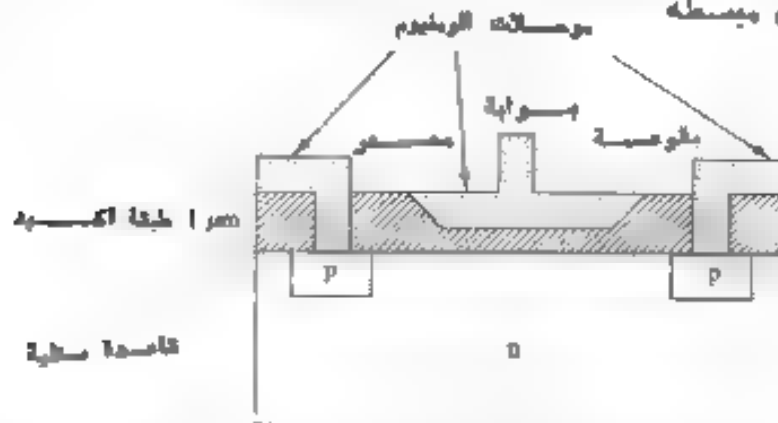
**الطبقة فوقية التركيب :** بعد ذلك ، نسحق الشريحة الرقيقة مرة أخرى من مرر ومعرض للعاز الذي يؤدي الى نمو طبقة فوقية المرتبب من النوع من ماسظام فوق كل السطح [ انظر شكل ١٢ - ٥ ] . وان لمى هذه الطبقة فوقية الترسيب بسك  $10\mu m$  ، قد شكلت الدائرة التكاملية كلها .

**مكونات الدائرة :** لكي يعزل المكونات داخل الدائرة عن بعضها البعض ، يصبح من اللازم بمعدن تكوين حوائق عازلة حول المساحات التي شكل عندها المكونات . وسننشئ الحوائق العازلة من النوع - م داخل الطبقة فوقية المرتبب بواسطة عملية من التقيع والتشمش والاستشمار تماثل العملية التي سبق وصفها [ انظر شكل ١٢ - ٣ ] ب . ويهيئ الحندق وصلة ربط بين سطح الدائرة المكاملية والقاعدة السفلية ، ويعزل كهرباتنا المساحات التي يحيط بها .

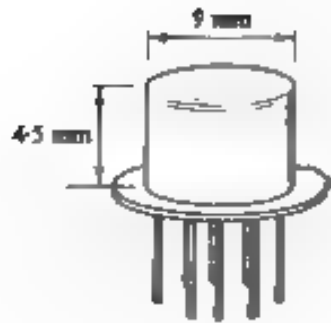
بعدئذ ، تقطع نواخذ في طبقة الأكسيد لتسمح ببداة استشمار القاعدة من النوع - م وكذلك المقاوم . وبعد ذلك ، نسحق عملية الانتشار التالية ببداة التهيئ لعاث الترانزستور وكذلك المنطقين س + في المجمع . وندمو الحاحة لهاتين حتى [ ١ ] سمحا بعمل توصيلة لمنطقة المجمع معها [ ب ] تمكنا المجمع والمقاوم من أن يتصلا مع بعضهما البعض .

**انهاء الدائرة التكاملية :** يتم تخيير طبقة من الالومنيوم بسك حوالى  $1.5\mu m$  على السطح الكلى للدائرة ، وتزال المناطق الغير مطلوبة للتوصيلات الكهربائية بعملية التشمش . وتنفذ التوصيلات بين الالومنيوم المستحد والاطراف الخارجية للدائرة المتكاملة .

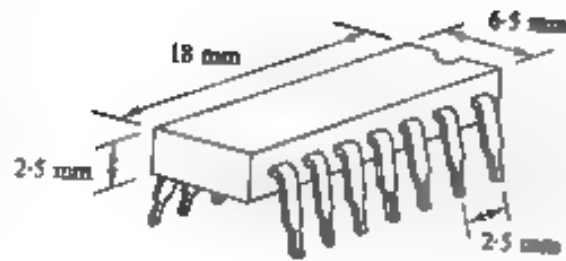
ومن الحدير بالذكر ، ان ما سبق هو وصف مبسط للعمليات المضمنة ، وكما يستلحق معنا القارىء نال رسم المقطع في شكل ١٢ - ٣ ب ] هو صورة اخرى مبسطة



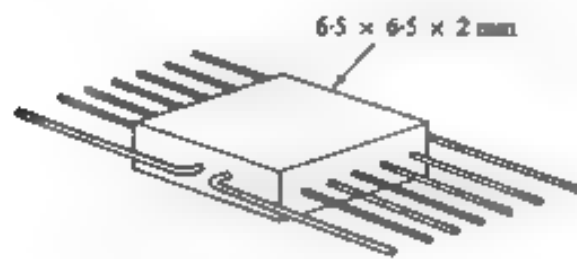
شكل ١٢ - ٦ ترانزستور التأثير الجاهلي من انهاء الموصلات الاكسي معدنية (MOSFET) ذو القناة - الموجبة .



[ ٥٢ ]

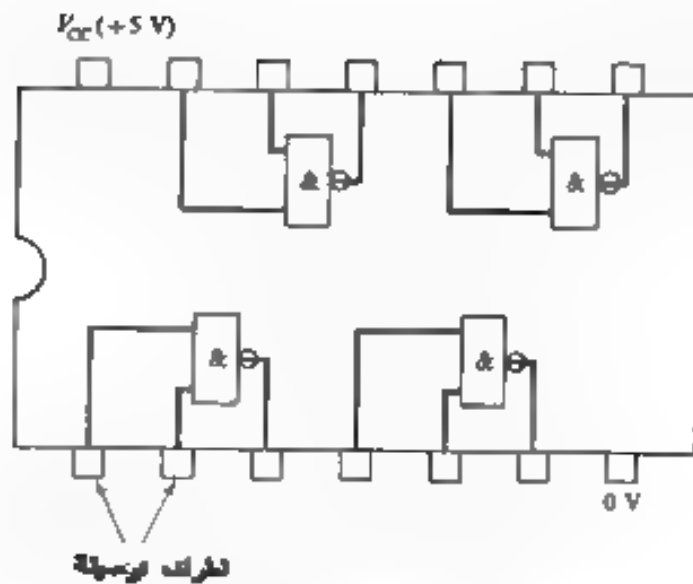


[ ٥٣ ]

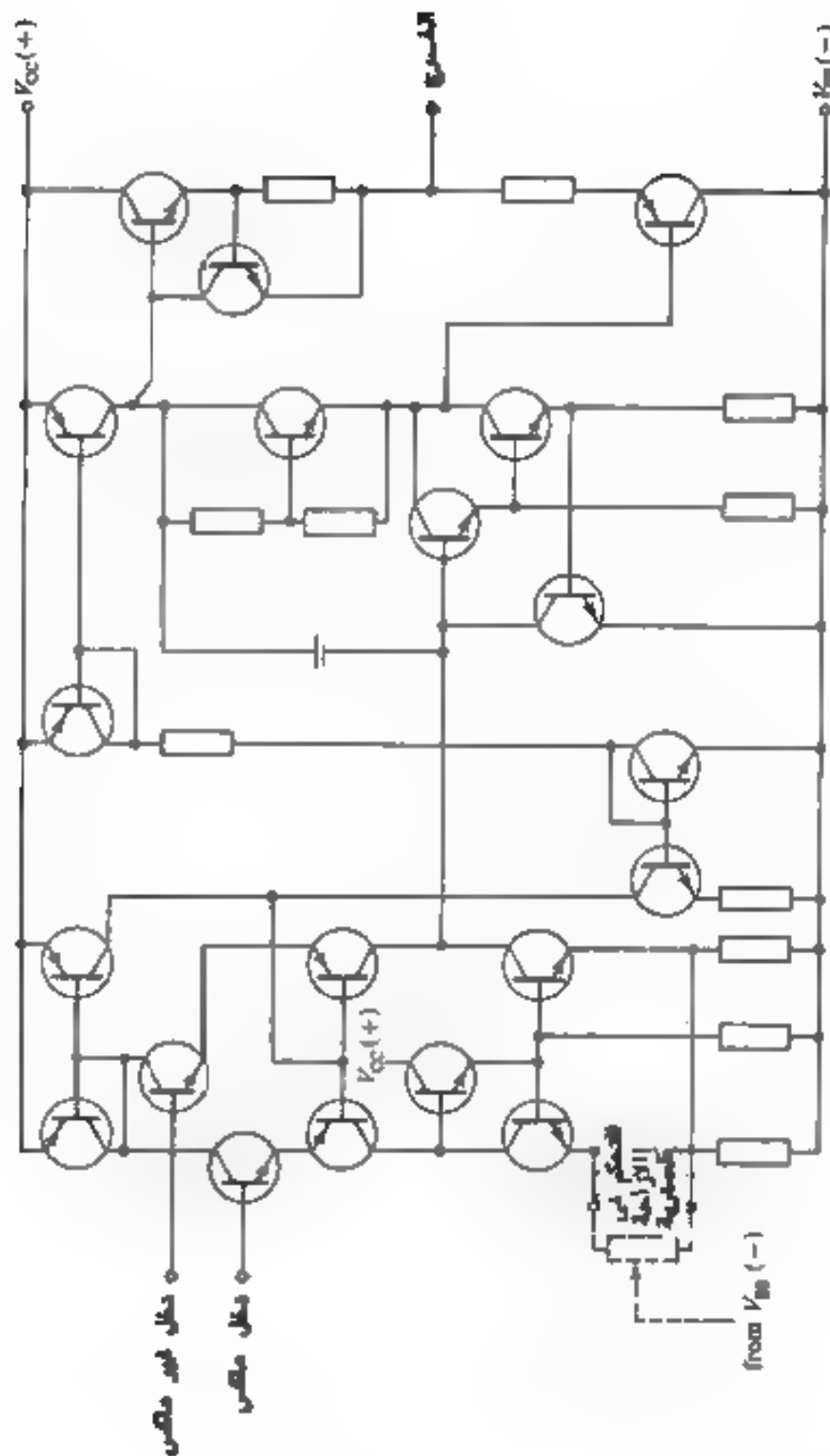


[ ٥٤ ]

شكل ١٢ - ٧ كسولات دوائر التكيف



شكل ١٢ - ٨ كسولة دائرة NAND التكيفية بها أربعة وحدات لكل منها مخرجين .



شكل ١١ - ٩ دائرة التمر التشغيلي 741

وتتضمن عملية تصنيع الدائرة المكملة ثمانية القطب في مجموعها حوالي 80 إلى 100 عملية منفصلة ، ويحتاج بعضها إلى بضعة ساعات لتكاملها ويحتاج البعض الآخر إلى بضعة أسابيع .

## ١٢ - ٤ تصنيع الدوائر التكاملية من أشباه

### الموصلات الأكسي معدنية MOS

يوضح شكل ١٢ - ٦ مقطعا في ترانزستور التأثير المجالى من أشباه الموصلات الأكسي معدنية (MOSFET) ذات القناة الموحية والمصنع في شكل دائرة تكاملية ، حيث يظهر السمات الأساسية للمنطقة عند المقارنة مع الدائرة التكاملية التقليدية القطب المينة في شكل ١٢ - ٣ ، يصبح واضحا أن نمطية أشباه الموصلات الأكسي معدنية (MOS) أسهل في الإنشاء وتحتاج علاوة على ذلك إلى مساحة سطح أقل على الشريحة الرقيقة لأشبه الموصل بالنسبة للترانزستور ثنائي القطب . وبالتالي ، يصبح ممكنا باستعمال عناصر أشباه الموصلات الأكسي معدنية (MOS) لها إلى إنتاج دوائر أكثر تركيزا على الشريحة الرقيقة المعطاء ، أو إلى إنتاج نفس الدائرة بتكاليف أقل مما هو الحال مع العناصر ثنائية القطب . وهكذا ، تنفذ الدوائر المنطقية غالبا في معظم الآلات الحاسبة الإلكترونية بواسطة نبات من أشباه الموصلات الأكسي معدنية (MOS) في شكل دوائر تكاملية .

## ١٢ - ٥ جميع الدائرة المتكاملة

يوضح شكل ( ١٢ - ٧ ) ثلاثة من الأشكال شيوعا لتجميع [ أو تغليف ] الدوائر التكاملية . هذا وأن أكثر الأشكال شيوعا هي المجموعة بكبسولة البلاستيك ثنائية الخطوط ذات الأربعة عشر طرفا (DIP) والمينة في الشكل ١٢ - ٧ [ ١ ] .

وللمجموعة ثنائية الخطوط ذات الأربعة عشر طرفا ، سبعة أطراف توصيل على كل جانب على أن يمتد كل زوج مقابل من كلا الجانبين على استقلية واحدة ، وأن تكون المسافة بين كل طرفين 2.5 mm (0.1 in) لكي تسمح بتركيب الدائرة التكاملية مباشرة في اللوحات التيلسية للدائرة المطبوعة ويحتوى نموذج الطبعة الصغيرة [ طبعة معدنية ] في شكل [ ١٢ - ٧ [ ب ] ] الدائرة المتكاملة في طبعة معدنية محكمة السد . وغالبا ما يكون نموذج المجموعة المسطحة [ شكل ١١ - ٧ [ ج ] ] من تركيب خزفي ويحكم أغلانه بالمثل .

هذا وتتلين إلى حد بعيد درجة التحديد للدائرة المحتواة في مجموعة الدائرة المتكاملة . وربما تكون أكثر الدوائر المتكاملة المنطقية استعمالا في كل مكان هي 7400 N ( أو 74100 ) بأربعة وحدات ولكل وحدة طرفي دخل وبوابة ترانزستور ترانزستور - منطقي TTL NAND وتتواجد في شكل مجموعة ثنائية الخطوط بأربعة عشر طرفا كما هو موضح في شكل ١٢ - ٨ .

ويوضح شكل ١٢ - ٩ دائرة الكبر التشغيلي 741 الذي يعتبر أكثر نماذج الدوائر التكاملية الخطية شيوعا . ومع أن الدائرة معقدة جدا ، إلا

أن الحاجة تدعو لحل سبعة توصيلات خارجية للمكبر فقط . وستناقش تطبيقات هذا النوع من المكبرات في الفصل الرابع عشر . نحتاج إلى مبرق الإزاحة الصفرية ، الذي يوصل خارجياً بالدائرة في الحالات التي ينحرف فيها خرج الجهد فيلزم إرجاعه إلى الصفر باليد .

## ١٢ - ٦ دوائر القياس المتوسط المتكاملة والقياس المكبر للدائرة التكاملية

تستخدم عادة عبارة دائرة القياس المتوسط المتكاملة (MST) وعبارة القياس المكبر للدائرة التكاملية (LST) عند وصف أنواع معينة من الدوائر المنطقية المعقدة . وتشير هذه العبارات إلى عدد البوابات المنطقية الكلية في دائرة تكاملية واحدة بالمجموعة ولو أن هذا التعريف ليس دقيقاً للخية ، إنما يمكن توضيحه كالآتي :

[ أ ] تحتوي دوائر القياس المتوسط المتكاملة (MST) ما بين حوالي 10 إلى 100 بوابة .

[ ب ] تحتوي دوائر القياس المكبر المتكاملة (LST) على أكثر من حوالي 100 بوابة .

وتستخدم الدوائر المتكاملة في الحسابات الإلكترونية شريحة القياس المكبر للدائرة التكاملية .

## الفصل الثالث عشر

### مكبرات التغذية المرتدة والمذبذبات

#### ١٣ - ١ التغذية المرتدة السالبة والموجبة

مكبر التغذية المرتدة هو المكبر الذي يرد الى مدخله جزء من اشارة الخرج او كلها الى بعض الاحيان وتضم هذه الاشارة الى اشارة الدخل لتعطي اشارة مركبة ، لتسلط بعدئذ الى المكبر . والنتيجة النهائية لتسليط هذه التغذية المرتدة هو تغير اداء ، حيث يعتمد نوع وكيفية التغير على مدة وموئل تشمل كيفية التحصل على اشارة التغذية المرتدة ، والطريقة التي ترد بها هذه الاشارة ، والنهج المستخدم لدفع الاشارة الى المكبر .

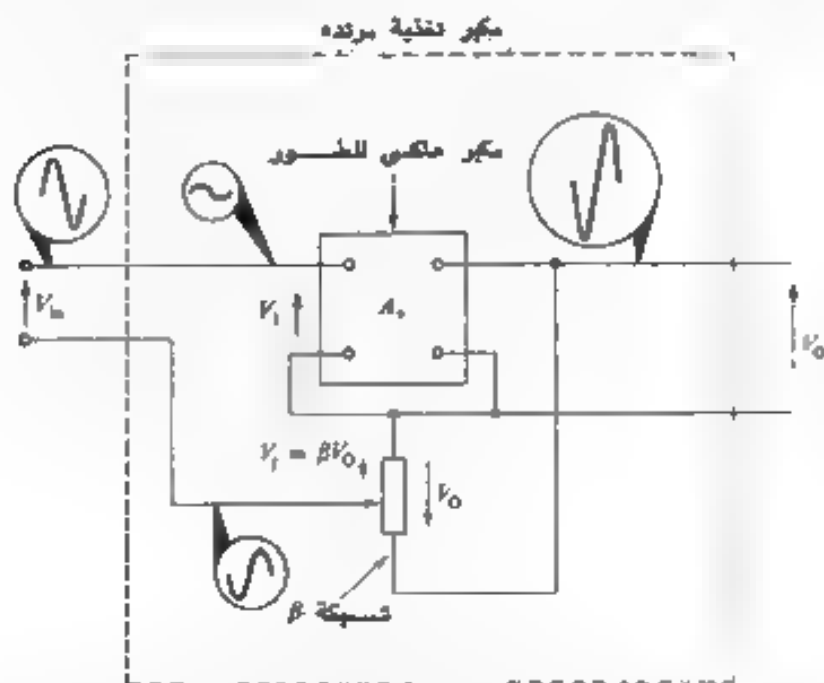
وبصفة ايجابية يمكن تقسيم دوائر التغذية المرتدة الى نوعين ، هما مكبرات التغذية المرتدة السالبة ومكبرات التغذية الموجبة . ومع مكبرات التغذية المرتدة السالبة ، يضاف طور اشارة التغذية المرتدة ( اى ان لها قطبية مضادة ) طور اشارة الدخل ولذلك تنقص اشارة الدخل الخلصة المسلطة على المكبر . وبصفة عامة ، يصبح تأثير التغذية السالبة المرتدة تقليلًا لكسب الجهد الظاهري للمكبر ويعرف هذا باسم **التغذية الخلفية المخفضة** ، حيث لهذا النوع من التغذية المرتدة تأثيرات مفيدة كثيرة ، ستفترض لكثير منها خلال هذا الفصل . اما مع مكبرات التغذية المرتدة الموجبة ، فان طور اشارة التغذية المرتدة ينفق مع طور اشارة الدخل ولذلك تزيد اشارة الدخل الخلصة المسلطة على المكبر . وينتج عن ذلك ، ان يزداد كسب الجهد الظاهري للمكبر ، ويعرف هذا باسم **التغذية الخلفية المعززة** . وآثار التغذية المرتدة الموجبة هي بصفة عامة ، عكس تأثيرات التغذية السالبة المرتدة ولها ، على وجه العموم ، تأثير غير موازن ( غير مستقر ) على الدائرة . وتستخدم التغذية المرتدة الموجبة في صور متعددة للمذبذبات سيوضح بعض منها في هذا الفصل .

#### ١٣ - ٢ أساس عمل مكبرات التغذية المرتدة السالبة

يوضح شكل [ ١٣ - ١ ] فكرة عمل اشكال كثيرة لمكبرات التغذية المرتدة السالبة . ففي هذه الدائرة ، توصل اشارة التغذية المرتدة  $V_f$  على التوالي مع اشارة الدخل  $V_{in}$  ، ونتيجة لذلك ، يعرف هذا النوع من الدوائر بمكبر جهد التغذية المرتدة السالبة على التوالي .



ويتكون مكبر التضخية المرتدة ، وهو المحلظ بالمستطيل ذي الخطوط المتقطعة ، شكل ١٣ - ١ ، من مكبر عاكس للطور مع شبكة تغذية مرتدة .



شكل ١٣ - ١ مكبر جهد التغذية المرتدة العاكس على التوالي .

تسمى شبكة B . على الحالة البسيطة ، تعتبر الشبكة B مسطرة مجزئة للحد . وللتمييز بين المكبر العاكس للطور  $A_v$  ، ومكبر التغذية المرتدة بأكمله ، يرجع على وجه التحديد إلى المكبر [ ونعني المكبر العاكس للطور الذي هو محدد جزء من الدائرة الكاملة ] أو إلى مكبر التغذية المرتدة [ ونعني به الدائرة الكاملة في شكل ١٣ - ١ . وتوضح العلاقات بين أطوار الاشكال الموجية عند نقط مختلفة في الدائرة بواسطة الرسوم التخطيطية للاشكال الموجية في الشكل . ومما أن المكبر عاكس للطور ، لذا يتضاد طور  $V_1$  مع طور  $V_m$  وتكون قيمة الإشارة  $V_1$  المسطرة بالمقل على المكبر A ذات قيمة صغيرة ويتفق طورها مع طور إشارة الدخل  $V_m$  .

ولنأخذ في الاعتبار الآن عمل هذه الدائرة . بفرض أن كسب المكبر العاكس للطور هو -100 [ الإشارة السالبة تعني عكس للطور ] وأن قيمة الجهد المسلط على طرفي المكبر تساوي 1 mV . ففي هذه الحالة ، تصبح قيمة جهد الخرج  $V_o$  عبارة عن  $-1 V = -1000 \times 0.001$  مرة أخرى نقرر أن وعود الإشارة السالبة إنما يملئ أن طور جهد الخرج يعاكس طور الجهد  $V_1$  . وبفرض أن شبكة B تأخذ خلفيا 0.9 في ابعث  $(\beta = 0.009)$  من إشارة الخرج إلى الدخل .

$$V_1 = \beta V_o = 0.009 \times (-1) = -0.009 V \text{ or } -9 mV \text{ بمعنى أن}$$

$$V_1 = V_m + V_1 \text{ ، ترى أن [ ١٣ - ١ ] ومن شكل}$$

$$V_m = V_1 - V_1 = 1 - (-9) mV = 10 mV \text{ أو}$$

أي أن ، قيمة الجهد المسلط  $V_{in}$  على طرفي مكبر التغذية المرتدة اللازمة  
لإعطاء خرج قيمته  $1000 \text{ mV}$  تبلغ  $10 \text{ mV}$  وهكذا يصبح كسب الجهد  
للكي  $A_{vf}$  لمكبر التغذية المرتدة عبارة عن

$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-1000}{10} = -100$$

وفي الحالة السابقة ، يصبح كسب المكبر  $A_v$  ، يعادل  $-1000$  ، بينما قيمة  
كسب الجهد لمكبر التغذية الخلفية هي مجرد  $-100$  . وهكذا ، يصبح  
أحد تأثيرات هذا الأسلوب من التغذية المرتدة هو انقاص قيمة كسب الجهد  
لمكبر التغذية المرتدة إلى قيمة أقل من كسب المكبر المستخدم في الدائرة .  
ويعتبر هذا ضمن الحوائط المعيبة للتغذية المرتدة السالبة ، مع العلم أن  
لهذا النوع مميزات أكثر ، كما سنفرد فيما بعد .

ويمكن حساب قيمة كسب الجهد  $A_{vf}$  لمكبر التغذية المرتدة باستخدام  
المعادلة الآتية :

$$A_{vf} = \frac{A_v}{1 - A_v \beta}$$

حيث  $A_v$  هو كسب الجهد للمكبر  $A$  و  $\beta$  هي جزء من إشارة الخرج  
المرتدة خلفياً إلى الدخل . وبالتعويض بالأرقام السابقة

$$A_{vf} = \frac{1000}{1 - (-1000 \times 0.009)} = \frac{-1000}{1 + 9} = -100$$

ولنفترض أن قيمة الكسب  $A_v$  للمكبر قد هبطت إلى ما قيمته  $800$  ،  
نتيجة لبعض العوامل مثل تقدم المكونات وتغيرات جهد المصدر و ... الخ .  
هنا استخدم المكبر بدون تغذية مرتدة ، فإنه ينتج عن الهبوط في الكسب  
انخفاضاً في جهد الخرج يصل إلى  $20\%$  .

وإذا استخدم المكبر بنفس كمية التغذية المرتدة في الحالة السابقة  
( $\beta = 0.009$ ) فإن كسب الجهد الإجمالي لمكبر التغذية المرتدة ينقص إلى

$$A_{vf} = \frac{800}{1 - (-800 \times 0.009)} = \frac{800}{1 + 7.2} = -97.56$$

أي أن كسب الجهد الإجمالي للمكبر يهبط بمقدار  $2.4\%$  فقط عندما يهبط  
كسب المكبر الداخلي بمقدار  $20\%$  . أي أن هذا النوع من التغذية المرتدة  
يؤدي إلى تحسين استقرار كسب الجهد لمكبر التغذية المرتدة بالمقارنة  
مع كسب الجهد المكبر المستخدم في الدائرة . والمسؤال الآن يدور حول  
كيفية تقدير هذا التحسن الملحوظ في الأداء . فكل ساعة يقوم مكبر التغذية  
المرتدة بضغط مستويات الجهد في الداخل بطريقة تلقائية ليعوض الانخفاض  
في كسب المكبر . ولنأخذ في الاعتبار كيف يحدث هذا في الحالة السابقة .  
نفرض أن قيمة الإشارة  $V_{in}$  قد ثبتت عند  $10 \text{ mV}$  ، فإن الحسابات  
السابقة توضح أن قيمة جهد الخرج الجديد ستكون  $975.6 \text{ mV}$  ، مما يعطي

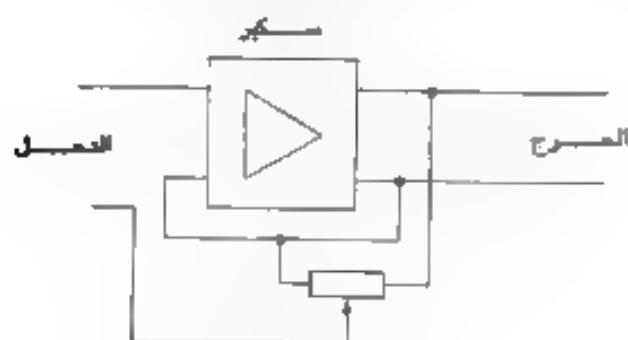
قيمة جديده لجهد التغذية المرتدة على  $-8.78 \text{ mV}$   $0.009 \times (-975.6) \text{ mV} = -8.78 \text{ mV}$  ونرى أن قيمة  $V_i$  المسطرة الآن على المكبر هي

$$V_i = V_m + V_f = 10 + (-8.78) = 1.22 \text{ mV}$$

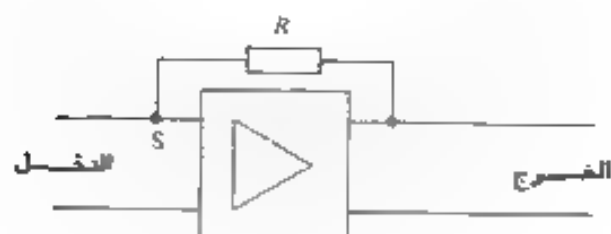
وعند هذه النقطة نرى أن قيمة  $V_i$  قد زادت من القيمة الأصلية وهي  $1 \text{ mV}$  [ عندما كان كسب المكبر يعادل 1000 - ] إلى قيمة يعادل  $1.22 \text{ mV}$  ، عندما هبط الكسب إلى  $-800$  . وهكذا تصبح القيمة الجديدة لخرج الجهد من المكبر

$$-800 \times 1.22 \text{ mV} = -976 \text{ mV}$$

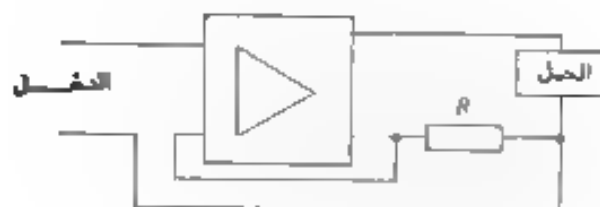
وتوضح الحسابات السابقة كيف يحافظ مثل هذا النوع من التغذية المرتدة .



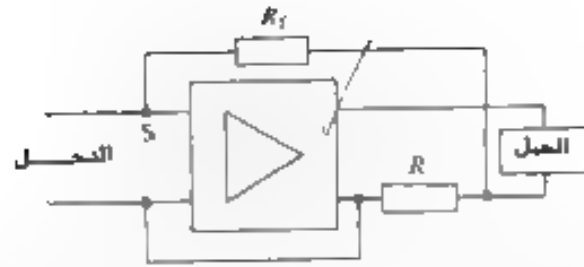
[ أ ] التغذية المرتدة لتقريب الجهد على التوافقي



[ ب ] التغذية المرتدة لتقريب الجهد على التوافقي



[ ج ] تغذية التيار المرتدة على التوافقي



[ د ] تغذية التمرار المرتدة على التوازي

شكل ١٣ - ٢ الشكل الخطيية للأنواع الأساسية من مكبرات التغذية المرتدة

على ثبات كسب مكبر التغذية المرتدة بالتقريب ، بالرغم من إمكانية تعبير كسب المكبر المستخدم في الدائرة عبر مدى واسع من القيم .

### ١٣ - ٣ الأنواع الأساسية لمكبر التغذية المرتدة

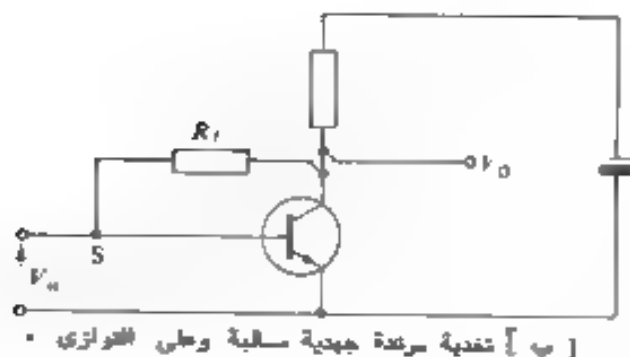
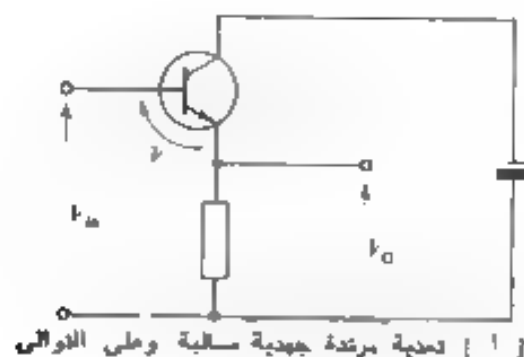
كما اثرننا سابقا ، يمكن تبسيط التغذية المرتدة ، بعدة طرق ، وللمساعدة على تفهم أساسيات هذا الموضوع ، يوضح شكل ١٣ - ٢ رسوم تخطيطية لأراحل مكبرات التغذية المرتدة الأساسية .

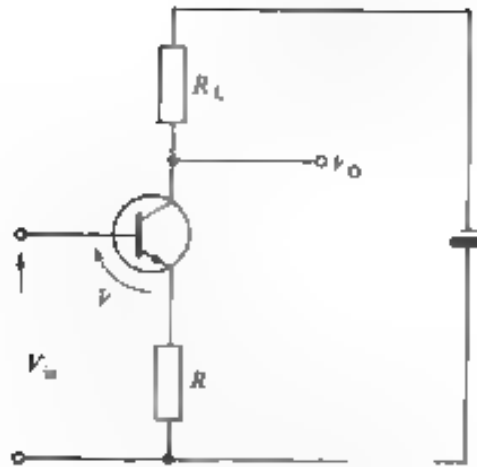
يقال إن تغذية مرتدة على التوالي قد سلطت ، إذا دفعت إشارة ارتداد التغذية عند المدخل للاتصال على التوالي مع إشارة الدخل . ويوضح الرسميل التخطيطيل في شكل ١٣ - ٢ [ أ ] و [ ب ] أمثلة لكل هذا النوع من التوائر . ومن التغذية المرتدة على التوازي ، تحول إشارة التغذية الخلفية إلى تيار وذلك بتبسيطها على مقاومة ارتداد التغذية المبينة بالمقاومة  $R_f$  في الرسوم التخطيطية [ ب ] و [ د ] في شكل ١٣ - ٢ . ويصلب التيار المساري المقاومة  $R_f$  عند الوصله S على التوازي مع تيار مصدر إشارة الدخل .

إن الطريقة التي نشق بها إشارة التغذية المرتدة لها مائل ذات مغرى . كما في الدائرتين المبينتين في شكل ( ١ ، أ و ب ) . يقال عندئذ إن تغذية مرتدة جهدية قد سلطت على الدائرة . وعندما تكون إشارة التغذية الخلفية متناسبة مع تيار الحرج ، يقال إن تغذية مرتدة تيارية قد سلطت على الدائرة . والطريقة الشائعة للحصول على إشارة متناسبة مع تيار الحرج هي عن طريق توصيل مقاومة على التوالي مع الحمل . حيث وضعت مقاومة  $R_f$  من هذا النوع في الرسميل التخطيطيل [ أ ] و [ د ] في شكل ١٣ - ٢ . ويتناسب الجهد الناتج بين طرفي هذه المقاومة مع تيار الحمل ، ويستخرج هذا الجهد كإشارة تغذية مرتدة . وقد تتلخ هذه الإشارة الأخيرة لتوصيلها إما على التوالي مع إشارة الدخل [ شكل ١٣ - ٢ ج ] ، أو على التوازي مع إشارة الدخل عن طريق المقاومة  $R_f$  [ شكل ١٣ - ٢ د ] .

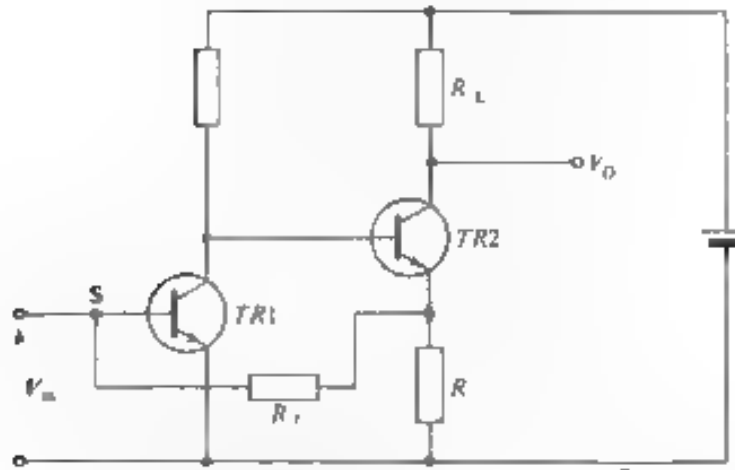
ويوضح شكل ١٣ - ٣ أمثلة عملية عن كيفية تسليط التعتبة المرتدة على دوائر الترانزستور . حيث تتناظر الرسوم التخطيطية في شكل ١٣ - ٢ من [ أ ] إلى [ د ] مع الدوائر المبينة في شكل ١٣ - ٢ من [ أ ] إلى [ د ] على الترتيب . وللأسفظة والوصوح خدمت ترتيبات اتحياز الدوائر في شكل ١٣ - ٣ . وبدا الجهد  $V_0$  في الظهور بين طرفي المقاومة الموصلة بين طرف الباعث والأرض في الدائرة الموضحة في شكل ١٣ - ٣ [ أ ] . ويحدث كل هذا الجهد العاكس لاشارة الدخل ليعبذ دائرة الدخل على التوالي معها بحيث يسقط 100 في المئة تغذية مرتدة جهدية سالبة وعلى التوالي . ومعرف هذه الدائرة باسم تلمعة الباعث ، وستوضح بالتفصيل في هذا الفصل . أما في الدائرة المبينة في الشكل ١٣ - ٣ [ ب ] ، فإن جهد الخرج يسقط على إحدى مهبطي مقاومته ارتداد التعتبة  $R_1$  ويمسك السار المسار خلال هذه المقاومة إلى التيار المسحوب من مصدر الخرج  $V_{cc}$  عند الوصلة  $S$  . وتتحدد العلاقة بين طورى الدخل  $V_{in}$  والخرج  $V_0$  في هذه الدائرة بحيث يسقط على المكسر تغذية مرتدة جهدية سالبة وعلى التوازي .

مقاومة الحمل  $R_L$  توصل على التوازي مع خط الجمع . وللمقاومة  $R$  عند طرف الباعث قيمة ثقل كثيرا من مقاومة الحمل  $R_L$  ، وتتناسب قيمة الجهد بين طرفي  $R$  مع التيار المسلب في مقاومة الحمل  $R_L$  . وتتحدد علاقته الطور بين جهود الدائرة بحيث ينقص فرق الجهد بين طرفي  $R$  من قيمة  $V$  لكي يصبح أقل من قيمة  $V_{be}$  .





[ ج ] تفتية مرندة تيارية سالبة وعلى التوالى .



[ د ] تفتية مرندة تيارية سالبة وعلى التوالى .

شكل ١٣ - ٢ ثلاثة لدوائر مكبر التفتية المرندة

وحيث ان الجهد بين طرفى المقاومة  $R$  موصل بالفعل على التوالى مع اشارة الدخل ، فل تفتية مرندة تيارية سالبة وعلى التوالى تصح سلطه عليها . ومن تحليل هذه الدائرة يقين ان قيمة كسب الجهد تساوى تقريباً  $R_L/R$  ، فادا كانت  $R_L = 6.8 \text{ k}\Omega$  و  $R = 470 \Omega$  فلن قيمة كسب الجهد للدائرة المبينة فى شكل ١٣ - ٢ [ ج ] تصبح حوالى 14.5 .

ان دائرة الشكل ١٣ - ٢ [ د ] ، والتي سلط عليها تفتية مرندة تيارية سالبة وعلى التوالى لاكثر تعقيداً من الدوائر الاخرى لانها تتضمن مرحلتين للتكبير ومن هذه الدائرة ، توصل مقاومة الحمل  $R_L$  فى دائرة المجمع للترانزستور  $TR2$  ويمر تيار فى المقاومة  $R$  الموصلة فى دائرة الباعث للترانزستور  $TR2$  تساوى قيمته بالتقريب تيار الحمل . ويسلط الجهد الناتج بين طرفى هذه المقاومة لاحدى نهايتى مقاومة التفتية المرندة  $R_L$

وبصاف الثير المساب في المقاومة  $R_f$  على البوارى مع التيار الناتج من اشارة مصدر الدخل  $V_i$  عند الوصله  $S$  . مره اخرى تتحدد علاقات الظور في الدائرة بحيث تسلط تعديبة مرتدة سالبة وتصبح القبة التقريبية لكسب جهد للدائرة المسه في شكل ١٣ - ٢ [ د ]  $R_f R_i$  فلذا كتبت  $R = 470 \Omega$  و  $R_f = 47 k\Omega$  . من قببه كسب الجهد الكلى تلغ 10 ومستخدم صور من الدائرة المسه في شكل ١٣ - ٢ [ د ] بكثرة مع معدات التردد السعوى ، باستثناء ان شكه معقدة من مقاومات ومكثفات تحل محل  $R_f$  . وبؤدى هذا الى امكانيه تحقيق اشكل المطلوب لحوامى الاسجالة الترددية للمكر .

### ١٣ - ٤ سمات مكبرات التفضية المرتدة السالبة

مكر وتتوع سمات مكبرات التعديبة المرتدة السالبة وسيعطى هسا ملخص مختصر للسمات الاساسية .

تؤثر التعديبة المرتدة السالبة على متغيريات كثيرة من بينها كسب الجهد ومعنومه الدخل ومعاوقة الدرح بالكمنه الموصحة ادماه . وتنبب التعبيرات امحدولة بالنسبة الى القبه المصاحبة للمكر قبل تسلط التفضية المرتدة .

نوع التفضية المرتدة	اثرها على الكسب	اثرها على مقاومة الدخل	اثرها على مقاومة الدرح
تعدبة مرتدة سالبة	تقل		
تعدبة مرتدة سالبه وعلى البوارى		تقل	
تعدبة مرتدة سالبه وعلى التوالى		ترداد	
تعدبه مرتدة جهدة سالبة			تقل
تعدبة مرتدة ميارية سالبة			ترداد

ومى بعض التطبيقات ، قد يستطيع مصدر اشارة ان يهوى تيارا في حدود حره من الميكروامبير . وفى هذه الحالة ، يتحتم ان تكون المعاوقة الداخلية للمكر ، الذى سيوصل معه مصدر الاشارة ، كبيرة حتى يسحب تيارا صغيرا جدا . ويتضح بخلاء من الحدول السابق ، انه يجب استخدام مكر التعديبة المرتدة السالبة على التوالى ، هيك ان هذا يؤدى الى زيادة معاوقة دخل مكر التعديبة المرتدة عن معاوقة المكر نفسه . وفى حالات اخرى ، قد تكون معاوقة الحمل الموصل بخرج المكر .

ذات قبه منخفضة وتسحب تيارا كبيرا نسبيا من المكر . وفى هذه الحالة ، يصبح استخدام مكر بتعدبة مرتدة جهدية سالبة امرا ضروريا ،

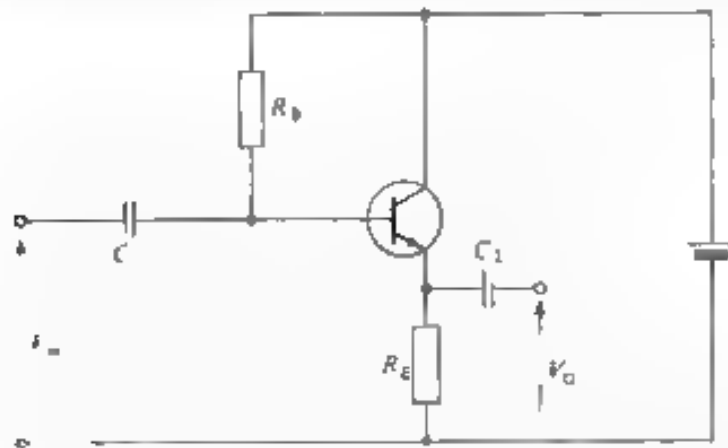
لا هذا يؤدي الى الاقلال من قيمة معاوقة الخرج لمكبر التغذية المرتدة من قيمة معاوقة الخرج للمكبر نفسه . ومن ثم يلزم تبسيط تعديلة مرتدة جهدية سالمة وعلى التوالي مع مكبر التعديلة المرتدة معطى خواصا تتمثل في معاوقة الدخل المرتفعة ومعاوقة الخرج المنخفضة بالنسبة لمعاوقة المكبر الاساسي المستخدم في الدائرة . ويوضح شكل ١٢ - ٣ [ ١ ] مكبرا من هذا النوع .

وتحسن التغذية المرتدة السالبة ايضا استقرار الكسب للمكبر عند حدوث تغيرات في الدائرة . وقد تم توضيح ذلك في الجزء ١٣ - ٢ ، كما انها تؤدي ايضا الى زيادة عرض النطاق الترددي لمكبر التعديلة المرتدة عن عرض النطاق الترددي للمكبر الاساسي . ومن الممكن اثبات ان حاصل ضرب الكسب في عرض النطاق الترددي لمكبر التعديلة المرتدة هو مقدار ثابت ، بغض النظر عن كمية التعديلة المرتدة المسلطة [ انظر ايضا الفصل الرابع عشر ] . فلذا نتج عن كمية التعديلة المرتدة المسلطة خفض في الكسب العندي بمعامل عشرة ، قل عرض النطاق الترددي يزداد بمعدل عشر المرات ايضا .

ويمكن تبسيط التغذية المرتدة السالبة ايضا ان تقلل من كمية تشوه الإشارة الخارج بشرط ان درجه تشوه الإشارة لم تكن على درجة من الاقراط قبل حدوث التغذية المرتدة .

## ١٢ - ٥ مكبرات تابع الباعث وتابع المصدر

يوضح شكل ١٢ - ٤ صورة من دائرة للباعث تابع المصدر في التطبيق العملي . وسيلأخذ القارئ التشابه بين دائرة تابع الباعث ومكبر التغذية المرتدة الجهدية السالبة وعلى التوالي والتي سبق عرضها في شكل ١٢ - ٣ [ ج ] ، حيث يتمثل الفرق بين هاتين الدائرتين فيما استجد من



شكل ١٢ - ٤ دائرة تضخيمية تابع الباعث

مكونات اضافية  $R_b$  ،  $C_1$  و  $C_2$  . وسيعطى السبب لاستخدام هذه المكونات فيما يلي :



المقاومة  $R_E$  هي مقاومة انحياز القاعدة وبعد الترانزستور سار السكون للقاعدة ، وبالتالي ، تصدد هذه القيمة سار السكون الباعث . وتحدد أقصى قيمة يتأرجح الحرج بواسطة ترقى الجهد عبر طرفي المقاومة  $R_E$  ، حيث أن قيمة هذا الجهد لن تستطيع الهبوط لأقل من الصفر [ عندما يقل تيار القاعدة إلى الصفر بواسطة إشارة الدخل ] وتستطيع أن تقترب قيمتها من جهد المصدر [ عندما يدفع الترانزستور إلى حالة التشبع بواسطة إشارة الدخل ] . فإذا كان لتأرجح جهد الخرج أن يتخذ قيمة كبيرة ، فلهذه ينهزم أن تكون قيمة جهد السكون عند الباعث مساوية لنصف قيمة جهد المصدر بالتقريب . فإذا كان جهد المصدر 9V وإذا كان تيار السكون للباعث 1 mA فإن قيمة مقاومة الباعث يمكن أن يبلغ قيمتها 47 k $\Omega$  ولنفرض تقع القيمة المناسبة لقيمة المقاومة  $R_E$  في المدى من 150 k $\Omega$  إلى 390 k $\Omega$  طبقا لقيمة كسب التيار للترانزستور .

ووظيفة المكثف المانع  $C_1$  هي منع التيار المستمر لدائرة الانحياز من التمسك في دائرة دخل مصدر الإشارة . وحيث أن تغذية سالبة مرتدة وعلى التوالي سلطت في هذه الحالة ، فإن معاوقة الدخل للمكثف تصبح مرتفعة [ تساوى في القاعدة قيمة المقاومة  $R_E$  ] ، بحيث يمكن أن تكون سعة المكثف  $C_1$  محصنة ، وأن قيمة لها في حدود 0.5  $\mu$ F تعتبر ملائمة بالنسبة لتطبيقات كثيرة في مجال التردد السمي .

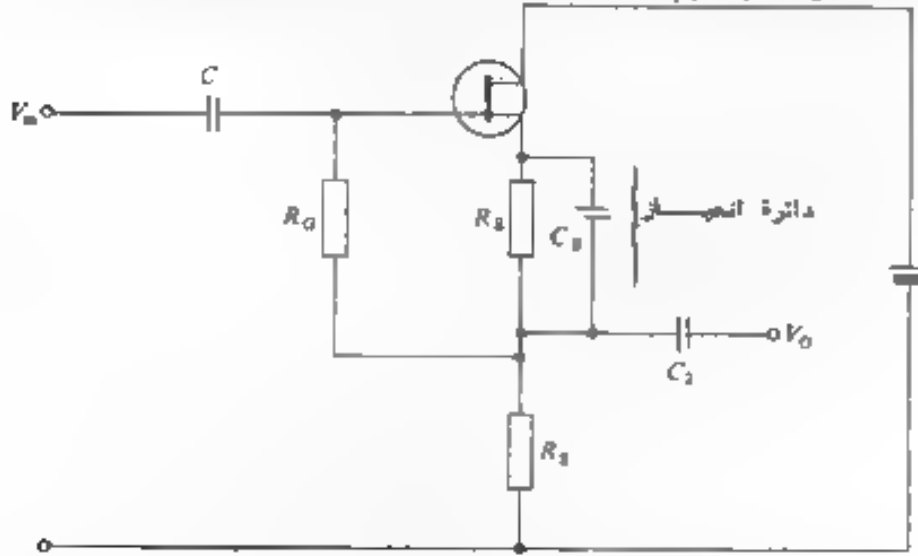
ونؤخذ المركبة المبردة لجهد الخرج  $V_o$  من باعث الترانزستور عن طريق المكثف العائق للتيار المستمر  $C_2$  . ومعاوقة هذا المكثف منحصرة عند تردد التشغيل بحيث يصبح الهبوط في جهد التيار المتردد بين طرفيه صغيرا جدا . ومن الممكن استخدام قيمة للمكثف  $C_2$  تعادل 50  $\mu$ F لاحتمالات كثيرة في مجال التردد السمي .

ولنأخذ في الاعتبار عمل هذه الدائرة ، عند تسليط جهد  $V_{in}$  عند الدخل ، يريد سار القاعدة ومعه يزداد تيار الباعث أيضا ، كلما ازدادت قيمة  $V_{in}$  . وبناء على ذلك ، تزداد قيمة الجهد بين طرفي المقاومة  $R_E$  أيضا . وبالتالي عندما تقلص قيمة  $V_{in}$  ، تقلص أيضا قيمة  $V_o$  . مما ذكر سابقا ، يتضح أن طور إشارة الحرج المتردد يتفق مع طور إشارة الدخل . وعلاوة على ذلك ، حيث أن فرق الجهد المتردد بين القاعدة والباعث له قيمة صغيرة نسبيا ، فإن قيمة جهد الحرج المتردد تساوى تقريبا قيمة إشارة الدخل  $V_{in}$  . أي أن قيمة كسب الجهد تساوى واحد بالتقريب ، وبالمعنى إلى أن قيمة جهد الدخل تساوى بالتقريب قيمة جهد الحرج ، يقال أن جهد باعث الترانزستور يقع ، التغيرات في جهد قاعدة الترانزستور . وهكذا تسمى هذه الدائرة تابع الباعث . ويطلق اسم توابيع الجهد في بعض الأحيان على مجموعة الخواثر ذات الخواص السابقة .

وبالإضافة ، حيث أن تغذية مرتدة جهديه سالبة وعلى التوالي مسلطة ، فإن معاوقة الدخل لدائرة تابع الباعث تزيد كثيرا عن معاوقة الترانزستور وتصبح معاوقة الحرج لها صغيرة جدا في العادة بمسبة وحدات من الأوم .

وهذه السمات السابقة تجعل من تابع الباعث منفصرا مفيدا للعمل كمكبر صاد كسبه الوحدة ، ويوصف اسمه بالمكبر الصاد لأنه يفرض جهلا كهربائيا صغيرا جدا على مصدر إشارة الدخل ، ومع ذلك فإن معاوقة خرجة منخفضة بالدرجة التي تكفي لتمكينه من دفع التيار خلال معاوقة منخفضة نسبيا للحمل، الذي يمكن أن يكون خطا للإرسال مثلا .

ويوضح شكل ١٢ - ٥ صورة أخرى لتابع الجهد الذي يسمى تابع المصدر، ومن السمات الهامة لهذه الدائرة أن معاوقة دخلها تزيد حتى من معاوقة تابع الباعث ، ويمكن أن نحصل بسهولة على معاوقة للدخل في حدود بضعة وحدات من الميجا أوم .



شكل ١٢ - ٥ صورة من دائرة تابع المصدر في التطبيق العملي .

وقد أصبحت هذه السمعة من حقيقته أن ترانزستور التأثير المجالي (FET) يستخدم كمنظومة فعالة في المكبر .

ويشتق جهد الانحياز لترانزستور التأثير المجالي (FET) من دائرة الانحياز الذاتي المكونة من المقاومة  $R_G$  المتصلة على التوازي مع  $C_B$  والمتصلتين على التوالي مع الكترود المصدر . ويظهر جهد الانحياز بين طرفي المقاومة  $R_G$  نتيجة لانسحاب تيار السكون لترانزستور التأثير المجالي (FET) خلاله . وببساطة هذا الجهد على بوابة ترانزستور التأثير المجالي (FET) ، بواسطة المقاومة  $R_G$  ، التي تقع قيمتها في المدى من  $1\text{ M}\Omega$  إلى  $10\text{ M}\Omega$  هذا ولما عله مكثف التفويت  $C_B$  قيمة صغيرة بالنسبة إلى قيمة المقاومة  $R_G$  عند تردد التشغيل فيقوم المكثف بنهية دائرة قصر فعالة للتيار المتردد عبر  $R_G$  ، بحيث يتابع الحرج بكل دقة ما يحدث من تغيرات في إشارة الدخل ، والمكثفان  $C_1$  و  $C_2$  يعوقان مرور التيار المستمر ويسمحان بنقل إشارة الدخل والخرج  $V_{in}$  و  $V_{out}$  خلالهما بنقد صغير جدا .

وتؤدي الزيادة في قيمة الجهد  $V_{in}$  في شكل ١٢ - ٥ إلى زيادة التيار المسالى خلال ترانزستور التأثير المجالي (FET) ومعه يزداد جهد الخرج . وكنتيجة لهذا ، نشع جهد طرف الخرج تغيرات إشارة الدخل ملتقريب .

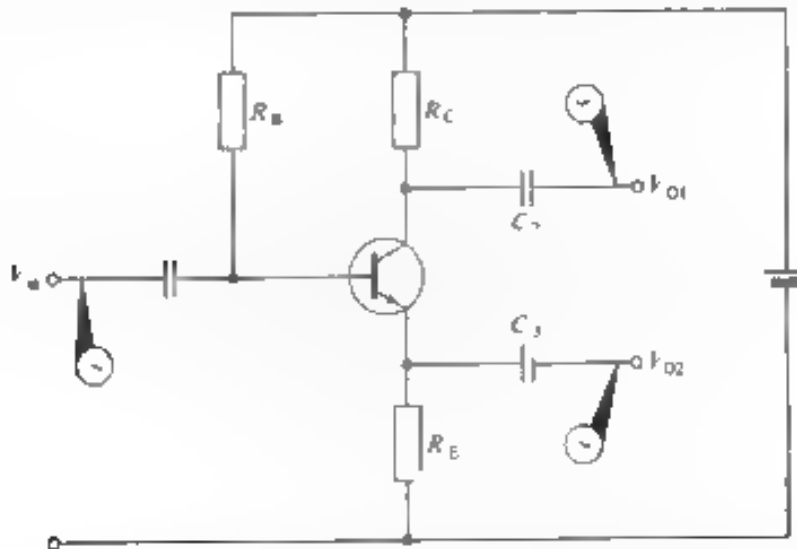
ويكتسب تابع المصدر السمات التالية والتي تشاركه فيها أيضا دائرة تابع الباعث .

- [ أ ] له كسب جهد يعادل الوحدة بالتقريب وهو مكبر غير عاكس للطور
- [ ب ] له معاوقة دخل مرتفعة
- [ د ] له معاوقة خرج منخفضة

## ١٢ - ٦ مكبر شطر الطور

تحتاج بعض التطبيقات الى دائرة لترود اشارتي خرج منفصلتا الطور . وعلى سبيل المثال ، نحتاج المكبرات دفع - جذب [ أنظر الفصل الحادي عشر ] الى اشارتين متساويتين في المقدار ومنفصلتين الطور بمقدار  $180^\circ$  . ومكبر شطر الطور يمثل إحدى الدوائر التي تهيء خرجا من هذا النوع .

يوضح شكل ١٢ - ٦ مكره عمل كثير من مكبرات شطر الطور . ويستخدم في هذه الدائرة مقاومتي حمل هما المقاومة  $R_C$  في دائرة المصع والمقاومة  $R_E$  في دائرة الباعث . بحيث أن التيار المار في أي منهما يكاد أن يتساوى مع التيار الآخر والمقاومة  $R_E$  هي مقاومة انحياز ترود بمنطقة القاعدة فيلتر السكون والمكثفات  $C_1$  ،  $C_2$  و  $C_3$  هما مكثتان متعة لهم قيم معاوقة منخفضة عند تردد التشغيل



شكل ١٢ - ٦ دائرة عمل مكبر شطر الطور

وعندما تريد قيمة إشارة الحمل  $V_{BB}$  ، فمن ذلك يؤدي الى قيمة التيار في كل من هذا المصع والباعث . وبالتالي ، يزداد ترق الجهد بين طرفي كل من  $R_E$  و  $R_C$  . وكنيجة لذلك تنخفض قيمة جهد المجمع  $(v_{O1})$  وترداد قيمة جهد الباعث  $(v_{O2})$  ، أي أن طورى  $v_{O1}$  و  $v_{O2}$  معضضان فيما طورا  $v_{O1}$  و  $v_{O2}$  متقابل . وفي دوائر كثيرة ، تتساوى قيمتا  $R_E$  و  $R_C$  . وحيث أن تغير التيار الناتج عن  $V_{BB}$  متساويا في كلتا المقاومتين ، فمن قيمة كسب

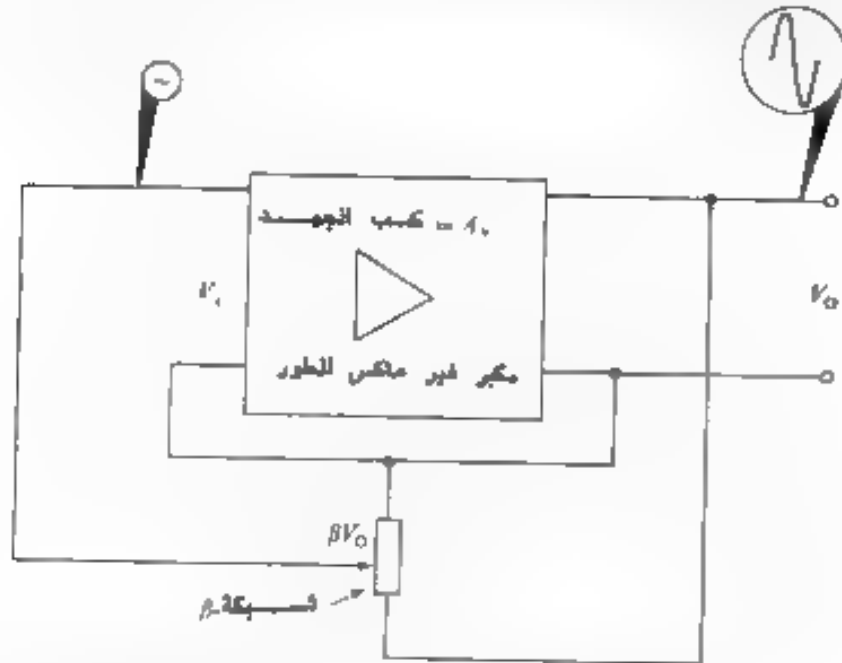
الجهد بين  $V_{in}$  و  $V_{O1}$  تتحدد نفس القيمة لكسب الجهد بين  $V_{in}$  و  $V_{O2}$  بالتقريب وعلاوة على ذلك ، فبناء على مفعول تابع الباعث فإن قيمة كسب الجهد بين  $V_{in}$  و  $V_{O2}$  تقارب الوحدة . أى أنه إذا كانت  $R_C = R_E$  ، فإن كسب الجهد المعطى بالنسبة  $V_{O1}/V_{in}$  له قيمة تساوى حوالى 1 - والنسبة بين  $V_{O2}/V_{in}$  لها قيمة الوحدة بالتقريب .

وعلى الدائرة التى تتساوى فيها مقاومة كل من المجمع والباعث ، يجب أن يساوى جهد السكون من المجمع والباعث حوالى  $0.75V_{CC}$  و  $0.25V_{CC}$  على التوالى . ويسمح هذا باقترب أقصى جهد للتأرجح بين طرفى كل مقاومة من حوالى 50% من جهد المصدر .

وإذا اختلفت قيمة مقاومة الباعث من قيمة مقاومة المجمع ، فإن كسب الجهد بين  $V_{in}$  و  $V_{O2}$  يقارب الوحدة طبقا لمفعول تابع الباعث ، أما قيمة الجهد  $V_{O1}/V_{in}$  فإنها تعطى بالنسبة  $R_C/R_E$  تقريبا . كمثل ، إذا كانت  $R_C = 10\text{ k}\Omega$  و  $R_E = 1\text{ k}\Omega$  فإن قيمة  $V_{O1}/V_{in}$  تصبح حوالى 10 .

## ١٢ - ٧ التفضية المرتدة الموجبة والاستقرارية

ملاحظ على الاعتبار عمل مكرر التفضية المرتدة فى شكل ١٢ - ٧ والذى يستخدم مكررا غير عكس للطور ، تبع مثل هذا المكرر يتفق طور  $V_i$  مع طور  $V_O$  . كذلك ، يمكن التوصل على إشارة الدخل مباشرة من الفرج من طريق شبكة  $\beta$  ، لهذه الدائرة الموضحة .



شكل ١٢ - ٧ فكرة عمل دوائر التفضية الموجبة التى تستخدم تفضية مرتدة موجبة .

دعنا نفترض أن كسب الجهد  $A_v$  للمكبر هو  $100 +$  وأن شبكة  $\beta$  متقلل أو مصعب هذه الإشارة بمعامل  $0.01$  قبل تسليطها على طرفى دخل المكبر . مبعلا عن ذلك ، لنفترض أن قيمة  $V_1$  مصفه بمقداره مساوى  $0.1 \text{ V}$  حيث أن كسب الجهد للمكبر هو  $100$ ، فإن قيمة  $V_0$  هي  $10 \text{ V} = 100 \times 0.1$  وبمصب شبكة  $\beta$  هذا الجهد إلى  $0.1 \text{ V} = 0.01 \times 10$  وسيلاحظ القارىء أن قيمة جهد التغذية المرتدة إلى دخل المكبر يكاد يكافئ للحفاظ على قيمة قدرها  $10 \text{ V}$  عند طرفى خرج المكبر . أى أنه من الناحية النظرية ، بظل جهود الدائرة بقيم  $V_1 = 0.1 \text{ V}$  و  $V_0 = 10 \text{ V}$  بدون حدود ، وبمرتب هذا بالاستقرار المشروط . غداً استمرت المناقشة السابقة بالنسبة لقيمة أخرى للجهد  $V_1 = 0.2 \text{ V}$  ، سوف يصطر القارىء إلى استنتاج أن جهد الخرج سيعطل عند قيمة  $20 \text{ V}$  . وفى الحقيقة فإنه فى حالة الاستقرار المشروط للدائرة ، فمن الممكن من الناحية النظرية أن تستطيع أى وكل قيمة من جهد الخرج أن تزود دخل المكبر الصحيح الذى يكاد يكفى للحفاظ على جهد الخرج ، عند القيمة الأصلية . ولكى يحدث هذا ، يتخمن أن تكون قيمة كسب الجهد للدائرة الكهربائية الكلية المحتوية على المكبر والشبكة  $\beta$  هي الوحدة . أى أن

$$A_v \beta = 1$$

وفى الحالة السابقة  $A_v = 100$  و  $\beta = 0.01$  مما يعطى قيمة للكسب الاطرارى تعادل الوحدة .

وفى التطبيق العملى ، فمن النادر أن تلعب القبة اللحظية للكسب الاطرارى ما يعادل الوحدة ، كما سيوضح فيما يلى : فالدائرة العملية من الطراز الموضح فى شكل ١٣ - ٧ ، يتم تصميمها بحيث تصبح قيمة كسبها الاطرارى عند محرد توصيلها اكبر من الوحدة . كمثال ، اذا كانت القيمة الابتدائية لكسب المكبر  $A_v$  تساوى  $110$  وكانت قيمة  $\beta$  تساوى  $0.01$  ، فإن القيمة الابتدائية للكسب الاطرارى تساوى  $1.1$  . وتمت هذه الظروف تزيد إشارة التغذية المرتدة إلى دخل المكبر عن القيمة المطلوبة للحفاظ على جهد الخرج عند قيمة ثابتة . ومن ثم ، يبدأ جهد الخرج ومعه إشارة التغذية المرتدة إلى طرفى الدخل فى الزيادة أيضاً . ولن يمكن الحفاظ على هذه الحالة بدون حدود ، حيث أن زيادة جهد الدخل تؤدي فى النهاية إلى اقتراب الترانزستور عند دخل المكبر إلى حالة التشبع . وعندما يحدث هذا ، ينخفض كسب الجهد للمكبر ومعه ينحصر ونفس المعدل جهد الخرج . واحيراً يكف جهد الخرج عن الزيادة ، وفى لحظة واحدة . يسمح جهد الخرج ثابتاً ، وبعد هذه اللحظة من الزمن ، يؤدي أى تشويش صغير فى الدائرة [ وهذا يقع باستمرار ] إلى بدء هبوط جهد الخرج من مستواه المرتفع . وتنبط أيضاً إشارة التغذية المرتدة  $V_1$  إلى دخل المكبر، معطاهم ذلك انخفاض جهد الخرج . وفى النهاية ، يهبط جهد الخرج إلى نقطة تسبب عندها إشارة التغذية المرتدة أن يقترب الترانزستور عند مدخل المكبر إلى حالة القطع . مرة أخرى ، ينخفض كسب الجهد للمكبر ويتناقص معدل انخفاض جهد الخرج حتى يصبح فى النهاية وعند لحظة معينة ثابت القيمة . وبطريقة تلك تكون موزونة ،

يبدأ جهد الحرج في الازدياد مرة أخرى ، ويتكرر التسلسل ابوضح سابقا بدون حدود .

وهكذا تؤدي التغذية المرتدة الموجبة بدرجة كلية الى تنبذب جهد الحرج بطريقة مستمرة وتكون الدائرة في شكل ١٢ - ٧ اسفلا لاشكال كثيرة لدائرة متذبذب مرتدة التغذية . وفي كثير من هذه الدوائر ، تحتوي شبكة ارتداد التغذية على مقاومات ومكثفات ، وفي البعض الآخر ، تحتوي على ملفات ومكثفات . وينحد الشكل الموحي لجهد الحرج في بعض المتذبذبات شكلا حبيبيا وفي البعض الآخر يمكن ان يكون على شكل موجات مربعة او مثلثة .

وبالرغم من انه لكي يبدأ التذبذب ، يجب ان يكون للدائرة كسب اطاريا ( أي قيمة حاصل ضرب  $A\beta$  ) تزيد قيمته عن الوحدة ، الا انه يتحتم لمجرد القيمة المتوسطة للكسب الاطارى اى تساوى الوحدة عبر الدورة الكاملة من اجل الحفاظ على استمرارية التذبذب . محالما تقدا تنحذبات جهد الخرج تصبح قيمة الكسب الاطارى منتظمة تلقائيا لتعطى قيمة متوسطة تساوى الوحدة عبر الدورة الكاملة .

## ١٢ - ٨ دوائر متذبذبات المقاومات والمكثفات

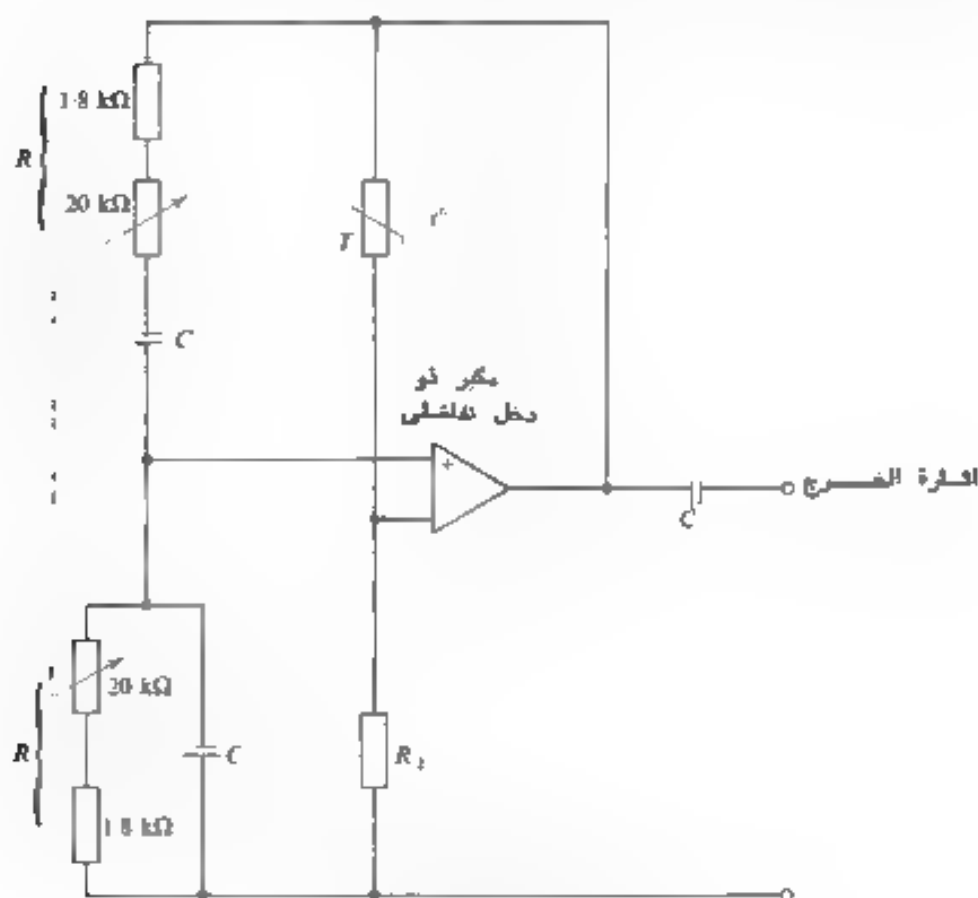
متذبذبات المقاومات والمكثفات هي دوائر تغذية مرتدة موجهة نستخدم مجموعة من المقاومات والمكثفات في شبكة ارتداد التغذية . والمميزات الرئيسية لمتذبذبات RC بالنسبة للأنواع الأخرى في المدى الترددي من 1 Hz الى 1 MHz ، هو توامر امكثيات التحصيل على قيم مناسبة للمقاومات والمكثفات . ووظيفة شبكة ارتداد التغذية RC هو تأكيد ان التغذية المرتدة الموجبة مسلطة الى المكبر ، قد ارتدت الى المكبر .

ولتنفيذ ذلك ، تتعم الشبكة اراحة لطور الاشارة المسلطة عليها ، ومتبعة لتلك الحقيقة ، تسمى الدوائر من مثل هذا النوع باسم متذبذبات اراحة الطور .

ويوضح شكل ١٢ - ٨ النوع الشائع جدا لدائرة متذبذب RC تعرف باسم متذبذب قنطرة فين . وقد اخذ اسم قنطرة فين نظرا لتشابه دائرة المكثفات والمقاومات عند دخل المكبر مع دائرة قنطرة كهربائية تعرف بقنطرة فين (١٠.٥)

في هذه الدائرة ، يستخدم مكبر ذو دخلين منفصلين ، وسيعطى هنا مجرد وصف مختصر للمكبر ، حيث اننا سنعرض له بالتفصيل في الفصل الرابع عشر . يتفق طور اشارة جهد المخرج من المكبر مع طور الاشارة المسلطة على طرف المير - ماركسي [ وعليه العلامة + ] ولكنه يحد طور الاشارة المسلطة على طرف الدخل العاكسي [ وعليه العلامة - ] . وتؤثر اشارة التغذية المرتدة المأخوذة من خرج المكبر على كل من طرفي الدخل ، فالاشارة المؤثرة على طرفي الدخل + تسلط تغذية مرتدة موجبة على الدائرة بينما

الإشارة المؤثرة على طرف الدخل - تسلط تعديمية مرتدة سالبة . ويحدد قيم مكونات الدائرة . بحيث يعطى تأثير الإشارة المسلطة على الدخل  $\phi$  وتسلط تغذية مرتدة موجبة أجمالية لتؤدي إلى حدوث التذبذبات .



شكل ١٢ - صورة شماعة للتذبذبات تقطعة زين

وتتكون المقاومة  $R$  في كل من حرتي  $RC$  من عنصرين كما يلي : يستخدم جميع المقاومتين التواء المتغير كوسيلة . للتحكم في التردد ، ويضمن المقاوم الثابت  $18\text{ k}\Omega$  لتأكيد أن القيمة الكلية للمقاومة في الدائرة لن تنخفض إلى الصفر عندما تقل قيمة المقاومة المتغيرة إلى الصفر . ومع قيم المقاومات الموضحة في الشكل ، يمكن تعيير تردد تذبذب الدائرة على مدى ترددي يزيد قليلاً عن  $10 : 1$  . ويعطى تردد تذبذب الدائرة من العلاقة

$$f_0 = 1/6.28RC \text{ Hz}$$

حيث تعطى قيمة  $R$  بالأوم وقيمة  $C$  بالميكروفراد . ملدا كانت قيمة  $C = 0.5\text{ }\mu\text{F}$  فإن قيمة تردد التذبذب للدائرة تقع في المدى من حوالي  $15\text{ Hz}$  إلى حوالي  $180\text{ Hz}$  . هذا ويؤدي انقاص قيمة المكثف  $C$  لتبعية تسلاوي  $0.05\text{ }\mu\text{F}$  إلى أن يصبح تردد التذبذب بين  $150\text{ Hz}$  إلى  $1800\text{ Hz}$  . ومن الممكن بناء مضرب بسيط باستخدام مكبر تشغيلي من النوع 741 ( انظر

الفصلين الثاني عشر والرابع عشر ] . مع ترمستور (T) طراز R 53 ومقاومة ( $R_1$ ) قيمتها  $470\Omega$  .

ووظيفة الترمستور T والمقاومة  $R_1$  بالنسبة للمذبذب هي توفير استقرار جيد لسعة جهد الخرج . وسيوضح فيما يلي الطريقة التي تهيئ بها هذه المكونات استقرارا لسعة الجهد .

فإذا حنحت قيمة ج.م.م جهد الخرج الى الريادة ، من التيار المنسلب خلال الترمستور يزداد أيضا ، ويؤدي تأثير الحرارة الذاتية للتيار المنسلب في الترمستور الى انخفاض قيمة مقاومتها وهكذا تسلط حزا اكبر من جهد الخرج على طرف الدخل للمكبر ، وحيث ان اشارة الدخل هذه تسلط تغذية مرتدة سالبة على الدائرة ، فلن تأثرها يؤدي الى اقلال كسب الجهد الاحتمالي للمكبر والنسبة النهائية هي عودة سريعة لقيمة ج.م.م جهد الخرج الى قيمة الترب الى الصحة .

وتستخدم مذبذبات قنطره تين مكررة في المعامل ، ونهيى اشارة جيبية مستقرة مع تشوه قليل جدا .

## ١٢ - ٩ دوائر مذبذبات المحاثات والمكثفات

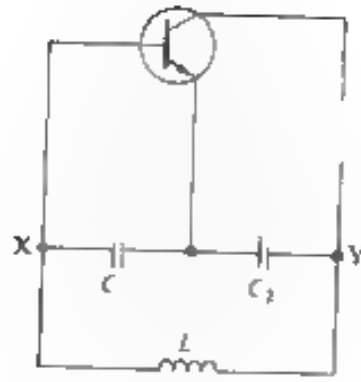
منذ الترددات المرتفعة جدا ، أى أكثر من حوالي  $1MHz$  ، تنوق المذبذبات التي تستخدم المحاثات والمكثف لدوائر تخفيفها المربعة ، تلك المذبذبات التي تستخدم المقاومة والمكثف .

ويوضح شكل ١٢ - ٩ احدي صور مذبذب LC المعروف بمذبذب كولبيتس . ويبين الرسم التخطيطي في شكل ١٢ - ٩ القواعد الرئيسية لهذا المذبذب . اد نحدد قيمة تردد تذبذب الدائرة بتردد الرنين للدائرة المحتوية على الملف L والمكثف  $C_1$  و  $C_2$  . ولما هذه الدائرة ، تزيد سعة المكثف  $C_1$  كثيرا عن قيمة المكثف  $C_2$  ، وحيث ان المكثفين متصلين على التوالي ، فان السعة الفعالة للمكثفين تساوي بالتقريب سعة المكثف  $C_2$  [ انظر الجزء ٢ - ٧ من الفصل الثالث ايضا ] . ونتيجة لذلك ، تعطى القيمة التقريبية لتردد الرنين للدائرة بالعلاقة

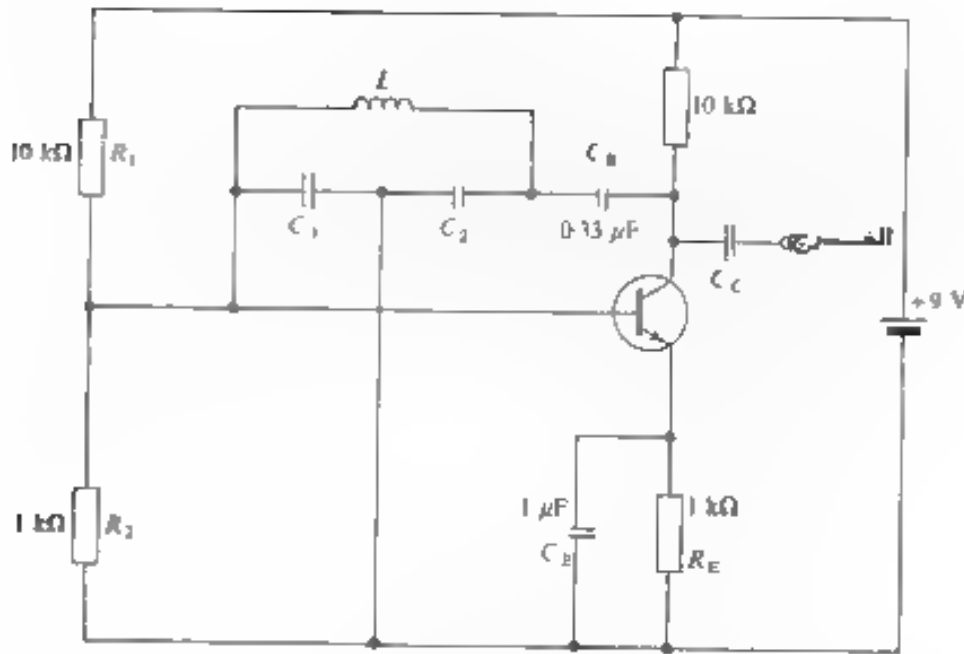
$$f_0 \approx 1/6.28\sqrt{LC_2} \text{ Hz}$$

حيث نحدد قيمة L بالهنرى و C بالميكروفراد .





[ أ ]



[ ب ]

شكل ١٢ - ٩ ( أ ) أساس عمل مطلب كوابيس و ( ب ) أحد أشكال الدائرة المستخدمة في التطبيق العملي .

هذا ودائرة LC بين النقطتين X و Y في شكل ١٢ - ٩ [ أ ] هي عبارة عن دائرة توازي لها معاوقة مرتفعة جدا عند حالة الرنين . وبشارك المكثفان  $C_1$  و  $C_2$  الجهد عبر الدائرة ، فيسلط الجهد بين طرفي المكثف  $C_1$  على دخل الترانزستور أي بين القاعدة والباعث . وتحدد علاقة الطور بين جهدي القاعدة والمجمع بحيث تسلب تغذية مرتدة موجبة على الدائرة وتتواجد الأحوال المصيبة المهيئة للتذبذب .

ويوضح شكل ١٢ - ٩ شكلا لدائرة مستخدمة في التطبيق العملي وتدعو الحاجة إلى المكونات  $R_1$  و  $R_2$  و  $C_3$  لفرض الاستقرار والاستقرار الحراري ، كما تدعو الحاجة إلى المكثفين  $C_1$  و  $C_2$  لأغراض أعانة التيار

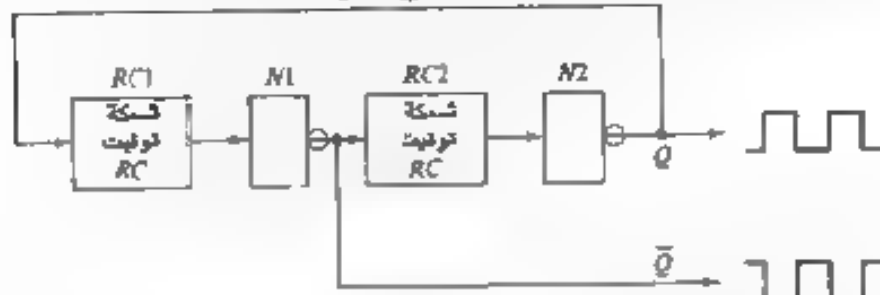
المستمر . وتصبح الشبكة التي تحوى الحاثه  $L$  والمكثفين  $C_1$  و  $C_2$  هي ذلك الجزء من الدائرة الموضحة في شكل ١٣ - ٩ [ ب ] الذي يحدد قيمة التردد حيث يحقق كل عنصر منها الوظائف الموجهة في شكل ١٣ - ٩ [ ا ] .

ومن الممكن استخدام هذا النوع من الدوائر لتوليد ترددات في المدى ما بين التردد السمي وعدة جيجا هيرتز [  $1\text{GHz} = \text{مليون كيلو هرتز}$  ] .

## ١٣ - ١٠ المذبذبات متعددة التوافقيات الغير مستقرة

ان المذبذب متعدد التوافقيات الغير مستقرة او المذبذب متعدد التوافقيات ملحق الحركة هو عبارة عن دائرة نهية من خرجة شبكلا موجيا مريعا | او يقترب من ذلك | . ونسأوي القيمة الابتدائية لحدد الحرج  $Q$  . من الدائرة الصفر والفترة من الزمن تحدد بواسطة شبكة التوقيت  $RC$  ، تردداد بعدها الى قمة اعلى من الجهد . ويظل الخرج عند المستوى المرتفع من الجهد لفترة من الزمن تحدد بواسطة شبكة التوقيت  $RC$  التامه ، تهبط قيمة الحرج بعدها الى الصفر مرة اخرى وتكرر هذه الدورة من الاحداث بدون حدود .

ومن الممكن شرح فكرة عمل هذه الدائرة بالاستعانة بالرسم التخطيطي في شكل ١٣ - ١٠ . يتكون المذبذب متعدد التوافقيات [ المتعدد الاهتزازات ] من بوابتي NOT هما  $N1$  و  $N2$  بطلقة للنمذية المرتدة الموجبة تحتوى على شبكتي توقيت  $RC$  هما  $RC1$  و  $RC2$  على الترتيب .

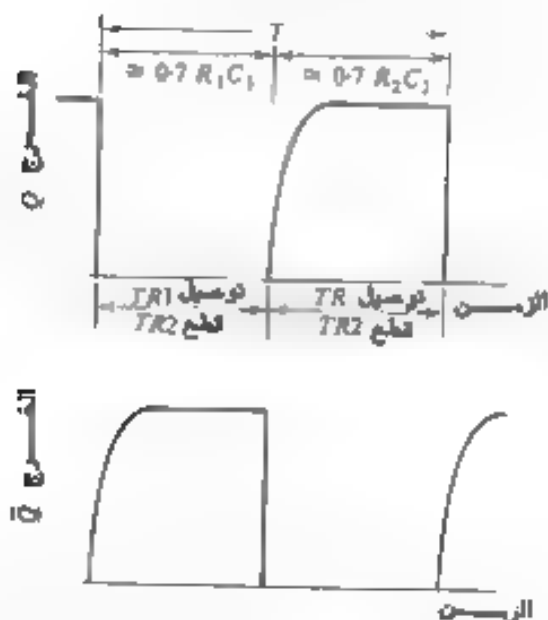
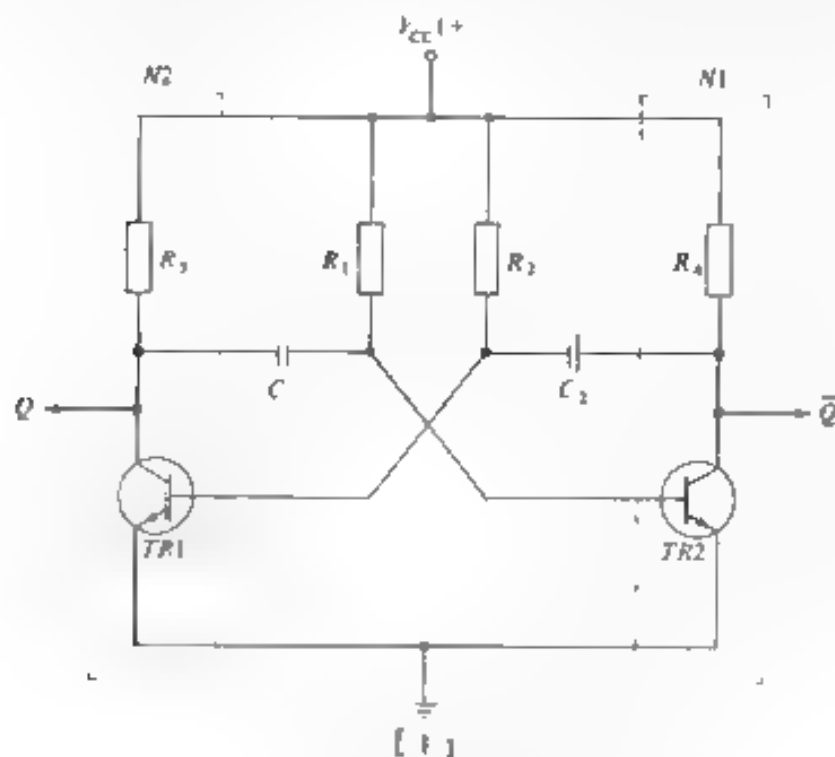


شكل ١٣ - ١٠ فكرة عمل المذبذب متعدد التوافقيات [ المتعدد الاهتزازات ] .

وتعطى شبكات التوقيت درجة التأخير المشار اليها سابقا ، ويتم كل من الخرجين  $Q$  و  $\bar{Q}$  من البوابتين  $N1$  و  $N2$  على الترتيب معضهما البعض . بمعنى انه عندما يكون الحرج  $Q$  مرتفعا او عند المنطق «1» فل الخرج  $Q$  يصبح منخفضا او عند المنطق «0» .

ويوضح شكل ١٣ - ١١ الصورة الشائعة لهذه الدائرة في التطبيق العملي . وبمقارنة هذه الدائرة مع شكل ١٣ - ١٠ يتضح ان بوابة الالاسحاق في الشكل الاخير تتكون من الترانزستور  $TR2$  والمقاومة  $R4$  في شكل ١٣ - ١١ ، وتتكون البوابة  $N2$  من الترانزستور  $TR1$  والمقاومة  $R3$  وتشمل

دوائر التوقيت  $RC1$  و  $RC2$  في شكل ١٣ - ١٠ المكونات  $R_1C_1$  و  $R_2C_2$  على الترتيب ، في شكل ١٣ - ١١ . تؤكد التوصيلات الداخلية ، بين البوابتين أنه عندما ينشبع الترانزستور  $TR1$  فإن الترانزستور  $TR2$  يصبح في حالة القطع والعكس بالعكس ومرة قطع الترانزستور  $TR1$  تسبب إلى درجة كبيرة جداً  $0.7R_2C_2$  ثانية  $R$  بالأوم و  $C$  بالفاراد لو  $R$  ميغاأوم و  $C$  بالميكروفاراد ، وتسبب مرة قطع الترانزستور  $TR2$  إلى درجة كبيرة جداً  $0.7R_1C_1$  ثانية . وفي دوائر كثيرة يصبح من المناسب استعمال قيمة موحدة للتقاومين بحيث أن  $R_1 = R_2 = R$  وبالمثل توحيد



شكل ١٣ - ١١ [ ١ ] الدائرة المستخدمة لتوليد نبضات التوقيت و [ ب ] الشكل الموجبة الخارج .

قيم المكثفين ( $C_1 = C_2 = C$ ) والزمن الدوري  $T$  للتذبذب في هذه الدائرة هو

$$T \approx 1.4RC \text{ seconds}$$

وتردد التذبذبات هو

$$f_0 = 1/T \approx 1/1.4RC$$

فمثلا اذا كانت  $R = 10 \text{ k}\Omega$  (أو  $0.01 \text{ M}\Omega$ ) و  $C = 0.01 \mu\text{F}$

$$T = 1.4 \times 0.01 \times 0.01 = 1.4 \times 10^{-4} \text{ s} \quad \text{ملن}$$

$$f_0 = 1/T = 1/(1.4 \times 10^{-4}) = 7143 \text{ Hz}$$

وفي الحقيقة ، يحتمل ان يختلف تردد التذبذب للخروج قليلا عن القيمة المحسوبة سابقا ، وتتضمن الاسباب ان قيم المقاومة والمكثفات لا تحيد عن قيمتها الاسمية بحسب بل ان مصدر الجهد ومتغيرات الترانزستور تتعرض هي الاخرى للمثل الى تغيرات مع الزمن ودرجة الحرارة . وبالرغم من ذلك نلته من الممكن الاعتماد على هذه الدائرة في التشغيل وانها لتستخدم كمولد للموجة « المربعة » .

وسيلاحظ القارئ انحناء للاطراف المتقدمة لاشكال موجة الخرج [ شكل ١٢ - ١١ ] . ويمكن تحسين هذا الانحناء بحمل تعديلات في الدائرة لتعطي موجة تكاد تقترب من الموجة المربعة المثالية ، وتحسن هذه التعديلات ايضا من امكانية الاعتماد على دقة توقيت الشكل الموجي .

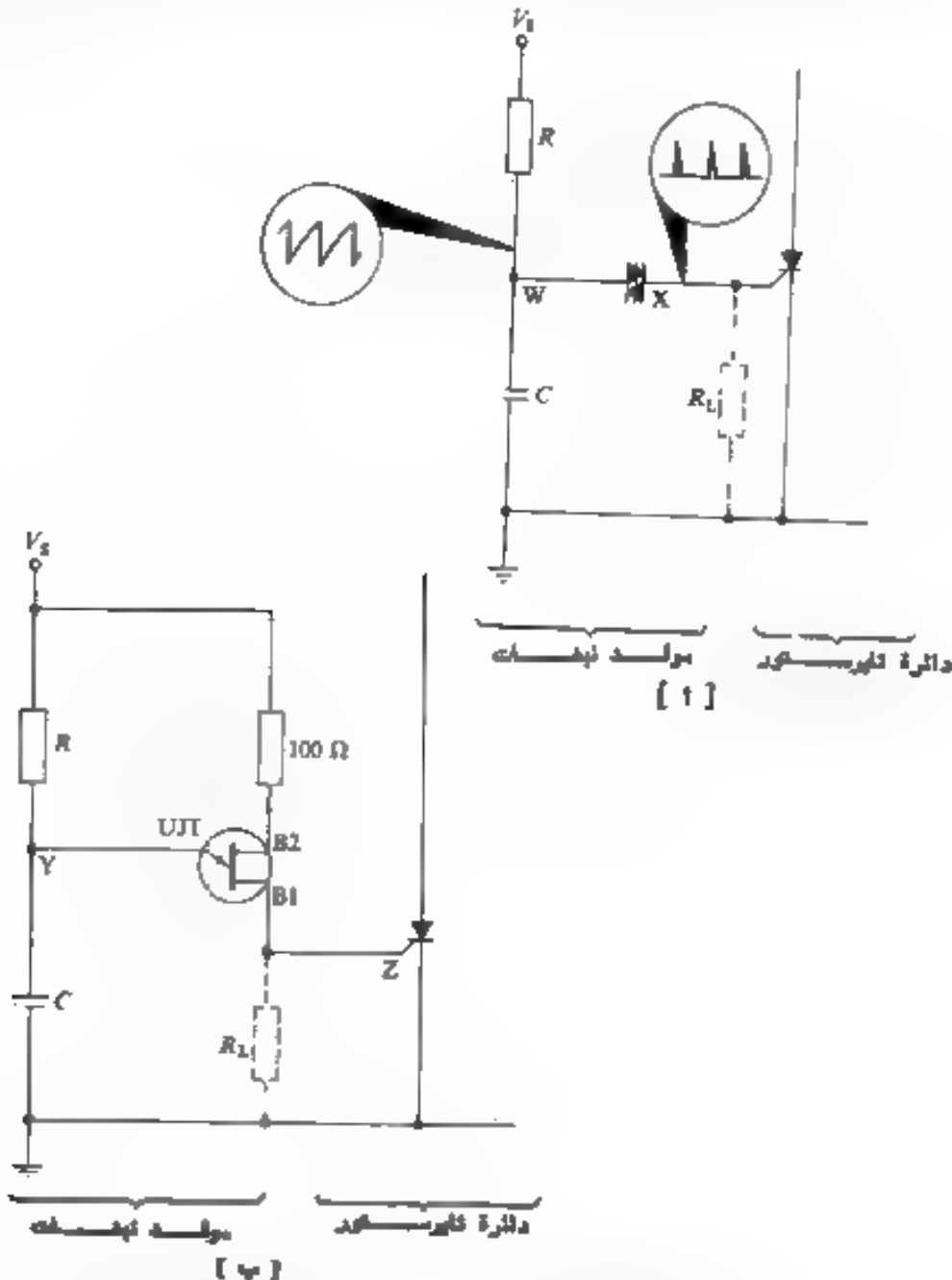
## ١٢ - ١١ مولدات النبضات

منصف هنا دائرتين متشبهتين لتوليد نبضات لدوائر بوابة الترانزستور وتستخدم هاتين الدائرتين في تطبيقات كثيرة ابتداء من محاسب القدرة للتلفزيون الملون الى التحكم في سرعة ماكينة الدلفنة . وتعتمد كلتا الدائرتين جزء من مجموعة كبيرة تعرف بنبضات القراح ، التي تولد موجات غير جيبيية عن طريق الشحن التدريجي للمكثف ثم تفريغه سريعا .

ويشحن المكثف في كلتا الحالتين الموصحتين في شكل ١٢ - ١١ ، من مصدر الجهد  $V_s$  عن طريق المقاومة  $R$  . ويعطي هذا الجزء من الدائرة قسم الشحن التدريجي ، علما بان تدريجي هي كلمة نسبية لان المكثف يمكن ان يشحن الى اقصى قيمة له في  $0.0003 \text{ s}$  فقط ! ، وقد وصل بين طرفي المكثف دائرة مفتاح حساسة للجهد تشتمل على دايك في الرسم التخطيطي [ ١ ] وعلى ترانزستور احادي التوصيل (UJT) في الرسم التخطيطي [ب] ويقوم المكثف بالتفريغ بسرعة [ في حوالي  $10 \mu\text{s}$  مثل هذا النحو ] لبا في بوابة الترانزستور ، كما هو موضح بالخط المتقطع في الرسوم التخطيطية ،

أو في مقاومة الحمل [ مبينة بخط متقطع ] . وسيوضح فيما يلي وصف مختصر لعمل هذه الدائرة .

على الحالة المبينة في شكل ١٢ - ١٣ [ ١ ] ، يجب أن تزيد قيمة جهد المصدر دائماً من جهد انهيار الدياك  $V_{BR}$  . وفرض أن المكثف C كان مغرماً في البداية عند توصيل المصدر ، فإن الجهد بين طرفي المكثف يبدأ في الزيادة بمعدل يتوقف على قيمتي جهد المصدر والمقاومة R . وبعد قليل



شكل ١٢ - ١٣ دوائر مولد نبضات تستخدم ( ١ ) ذلك ( ٢ ) فرائز سكر الحادي التوصيل

من الوقت عادة بضعة وحدات من الميلي ثانية أو أقل [ ١ ] ، يصل الجهد عند النقطة W الى جهد انهيار الدايك ، مولد نبضات .

وعندما يحدث هذا ، سرعان ما يقوم الدايك بتفريغ جزء من الطاقة المخزونة في المكثف في بوابة الثايرستور ، مما يحول الثايرستور الى حالة التوصيل . وبمجرد أن يفرغ المكثف جزء من شحنته ، لن يستطيع جهد المكثف أن يحافظ على استمرارية حالة توصيل الدايك ، فيهبط التيار التفريغ للمكثف الى الصفر عندما يتحول الدايك الى حالة القطع بمجرد يبدأ المكثف في الشحن مرة أخرى وتتكرر هذه الدورة . وشكل الجهد الموجي عند النقطة W عبارة عن سن المشار برمن دورى يعادل الفترة الزمنية بين نبضى تفريغ ويتخذ الشكل الموجي عند النقطة x شكل سلسلة من النبضات لها مدة لقاء بضعة وحدات من الميكروثانية وتصلح لاطلاق توصيل معظم أنواع الثايرستور .

ويمكن استخدام دائرة الدايك في شكل ١٣ - ١٤ [ ١ ] مع مصدر جهد متردد ، وفي هذه الحالة ، تقوم أثناء النصف الموجب للاشكال الموجية لجهد المصدر بتوليد شكل موجي لسن المنشار ذي اتجاهية موجبة عند النقطة وسلسلة نبضات ذات اتجاهية موجبة عند النقطة x . أما في أثناء النصف السالب للدورات فلها تولد اشكالا موجية لسن المنشار وللسلسلة من النبضات ذات الاتجاهية السالبة عند النقطة W ، X على الترتيب . عندما يستخدم الدايك على هذا المنوال ، فانه يصبح ملائما لفرض التحكم في الدايك [ انظر الفصل الخامس عشر ] المستخدم في دائرة التير المتردد .

وتعمل دائرة الترانزستور احادى التوصيل (UJT) المبينة في شكل ١٣ - ١٤ [ ب ] بصفة عامة بأسلوب مماثل لدائرة الدايك ، وعند ارتفاع الجهد بين طرفى المكثف الى نقطة الجهد الدروى للترانزستور احادى التوصيل ، سرعان ما تفرغ شحنة المكثف المختزنة في بوابة الثايرستور . مرة أخرى تستغرق فترة التفريغ بضعة وحدات فقط من الميكروثانية . هذا ويعمل الترانزستور احادى التوصيل الموضح بالشكل على مصدر للجهد ذي قطبية موجبة ، ويقوم بتوليد اشكال موجية لسن المنشار والنبضات ذات اتجاهية موجبة عند النقطتين Y و Z على الترتيب .

## الفصل الرابع عشر

### دوائر المكبر التشغيلي

#### ١٤ - ١ ما هو المكبر التشغيلي ؟

يختصر اسم المكبر التشغيلي في اللغة الإنجليزية الى op — amp. وببساطة هو مكبر خطي ذو تقارب مباشر ، له قيمة كسب جهد مرتفعة [ عادة اكبر من 1000 ] .

قدمت من قبل ملاحظة مختصرة عن سمة من سمات المكبر التشغيلية تتضمن وجود طرفي دخل وعلامتي « + » و « - » في دائرته الرمزية بشكل ١٤ - ١ [ ا ] وتتعلق تطبيقية الاشارتين معالقات الطور بين كل اشارة دخل واشارة خرج ، كما هو موضح في شكل ١٤ - ١ [ ب ] . اد توضح هذه الرسوم ان طور اشارة الحرج يتفق تماما مع طور الاشارة المطلقة على الدخل [ بالعلامة + ] ، الذي يعرف بالدخل الغير عاكسي ، وبضاد الاشارة المطلقة على الدخل [ بالعلامة - ] ، ويعرف بالدخل العاكسي .

يوضح شكل ١٤ - ١ [ ج ] اكثر السحوائر التكاملية الخطية شيوعا وهو المكبر التشغيلي 741 . الذي يمكن التحصل عليه في المجموعة ثنائية الخطوط ذات الثنائية اطراف . ويستخدم في توصيل المكبر التشغيلي سبعة اطراف فقط من الثنائية حيث لا يستخدم طرف واحد منها . والدائرة التخطيطية للمكبر التشغيلي 741 معقدة حقا ، وقد سبق ان عرضت في الفصل الثاني عشر [ شكل ١٢ - ٩ ] .

وهناك سمة لا تدعو الى الارتياح لكثير من المكبرات التشغيلية تتمثل في انسيابي جهد الحرج من قيمته ببطء مع الزمن ومع التعبير في درجة الحرارة . وينتج هذا لانسيابي بوحه عسلام من التغيرات داخل المكبر ، ويؤدي الى جهد الاراحة الذي يظهر عند خرج المكبر . ومن الممكن معادلة جهد الاراحة هذا بالبد بتوصيل مفرق RV كما هو موضح في الرسم [ ه ] ، حيث تنفذ عملية المعادلة بتبسيط جهد قيمته سفر على كل من خطي دخل

الإشارة في نفس الوقت ، ويصبط موضع منزلق الإراحة الصغرى حتى تقل قيمة جهد التيلار المستمر عند خرج المكبر إلى الصفر . وعند الاستعمال ، تدعو الحاجة لعملية المعادلة هذه على مجرد فترات متباعدة . وفي بعض الحالات ، يمكن حذف مغرق الإراحة الصغرى ، لكننا ننصح بالتشاور مع مهنى المكبر التشغيلى إذا ما اتجهت النية إلى ذلك .

وكسب الجهد عند الترددات المنخفضة للمكبر التشغيلى 741 مرتفع جدا حيث يبلغ حوالى 100 000 عند ترددات في المدى من صفر [ تيلار مستمر ] إلى 10 Hz ، كما هو موضح بمحلى الاستجابة للتردد في شكل ١٤ - ١ [ د ] ، وإلى جوار هذه القيمة من التردد (10 Hz) ، ينقص الكسب بمعامل عشر مرات كلما زاد التردد بمعامل عشر مرات .

وسنذكر هذا المعدل في التدهرج مما يكفىء انخفاضاً في كسب الجهد مقداره 20 ديسيبل لكل وحدة عشرية من تغير التردد [ إلى أعلى حتى نصل إلى تردد يقترب من 10MHz ، حيث يكون كسب الجهد قد انخفض إلى حوالى 0.1 ويقترب من هذه النقطة ، ينخفض الجهد سرعة أكثر .

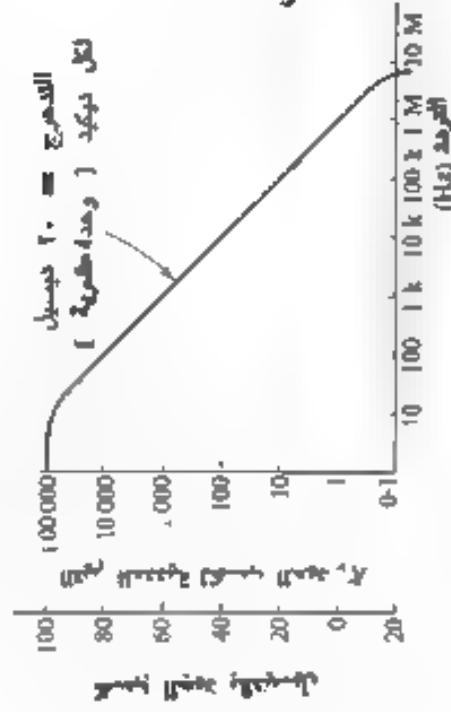
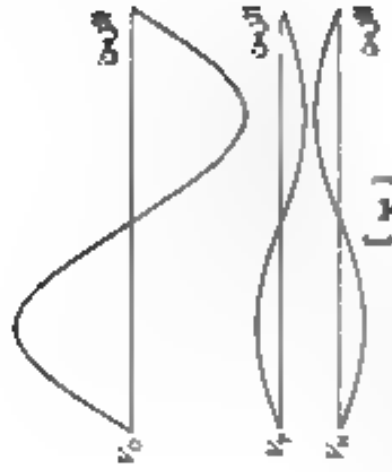
ومن المكن خلال التشغيل أن تستخدم أطراف داخل واحد أو كليهما في الدوائر البسيطة التي تحتاج استخدام طرف نقل واحد فقط ، يوصل الطرف الآخر بالنقل عادة بالقاعدة المعدنية للمعدات [ أو إلى الخط الأرضى ] لها مباشرة أو خلال مقاومة . وسنزيد القول من ذلك فيما بعد .

**مواصفات وحدتى مكبر تشغيلى تقليديتين .** يعطى جدول ١٤ - ١ قيم المتغيرات الأكثر أهمية للمكبر التشغيلى 741 ، الذي يستخدم وحدات شاملة من ترانزستور ثنائى القطب ، وكذلك المتغيرات لطراز مشابه من المكبرات التشغيلية بوحدات ترانزستور التأثير المجالى عند الدخل .

**جدول ١٤ - ١ الكيفيات المتغيرة القيمة المهمة لنوعى المكبر التشغيلى**

مكبر تشغيلى يستخدم ترانزستور التأثير المجالى		المكبر التشغيلى
مصادر الجهد	± 6 V to ± 18 V	± 3 V to ± 18 V
أقصى جهد تقلوت الدخل	30 V	30 V
مدى درجة حرارة التشغيل	0-70°C	0-70°C
فترة بقاء دائرة قصر الحرج	غير محدد	غير محدد
أدنى قيمة للحمل الموصل	1000 Ω	200 Ω
أقصى قدرة كلية مسعدة	500 mW	500 mW
تأرجح جهد الحرج	± 10 V	± 13 V
كسب الجهد عند الترددات المنخفضة	100 000	100 000
المقاومة بين طرفى الدخل	10 <sup>14</sup> Ω	2 × 10 <sup>9</sup> Ω



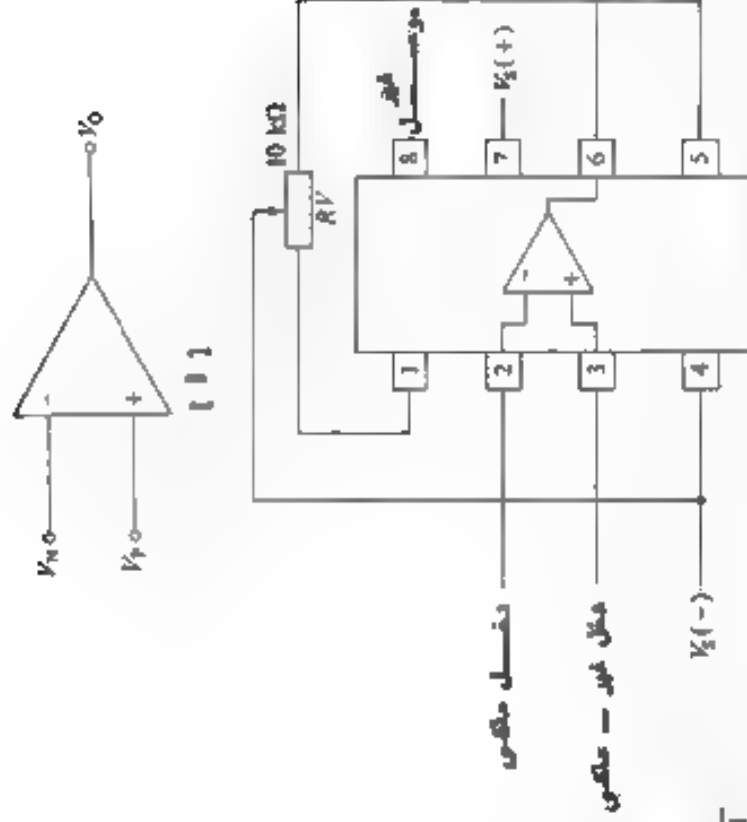


[ د ]

١٢

شكل ١٤ : [ ١ ] ربط الدائرة باستخدام مكبر [ تشغيل ] [ ب ] التمثيل المرصبة لكل من الدخل والمخرج للاشارات العنينة ( هـ )  
 مجموعة تلافية الخطوط ذات القطبية اطراف التي تحوى المكبر التشغيلي المتعلق 741 ويوضح عليه دائرة تفاعل الترددات و [ د ]  
 ينعني الاستجابة للتردد للمكبر التشغيلي

## المخرج



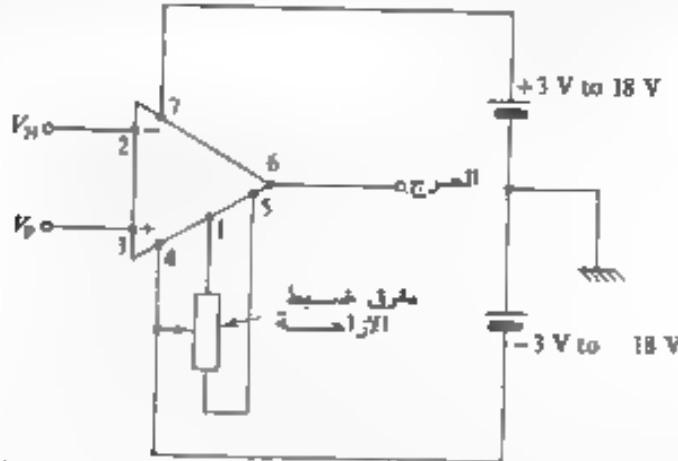
للمجموعة تلافية الخطوط ذات القطبية اطراف هـ

[ هـ ]

ولسوف يلاحظ القارئ أن مدى جهد المصدر لاهدين النوعين يتفق بالتقريب ، ويوضح شكل ١٤ - ٢ تربية لدائرة مصدر تقليدية للمكبر التشغيلي 741 ومن الممكن الحصول محاربا على مصادر قدره خاصة لمكرات الدوائر التكاملية الحظية لتعطى جهدي حرج أحدهما بمطبيه موجبه والاخر مقطعية سالبة ، يمكن ضبط قيمة كل منهما على حدة ، وبالمثل ما يضم هذه المصادر سمات كلتي نوع وفاته صد قصر دوائر الحرج وصد محاور جهود الحرج ( أنظر أيضا الفصل الخامس عشر ) .

وتصبح اشارة الدخل الكلية المسطحة على المكبر هي فرق الجهد بين  $V_N$  و  $V_P$  [ أنظر شكل ١٤ - ٨ ] ويعرف هذه الاشارة على أنها **تفاوت جهد الدخل** . ونتيجة لذلك ، يعرف مثل هذا الطرار من المكبرات أيضا باسم **مكبر تفاوت الدخل** . وبالنسبة لكلا المكبرين التشغيليين ابدحين تؤمن الوثاقية ضد دائرة التمر داخل المكبرات حتى لا تتلف عند حدوث دوائر قصر للارض عند خرج الاطراف .

وتمثل قيمة مقاومه لدخل بين طرفي الدخل متصرا هاما الى حد ما وعلى وجه الخصوص عندما يستخدم المكبر التشغيلي مع مكامل الكترولس [ أنظر فصل ١٤ - ٨ ] . ولسوف يلاحظ القارئ أن قيمة مقاومة الدخل لدخل المكبر التشغيلي من نوع ترانزستور التأثير المجالي [ أنظر آخر سطر من جدول ١٤ - ١ ] تعادل حوالي الف ملبون مرة مثيلتها للمكبر التشغيلي 741 ثنائي القطب . ولكن يتم تشغيل دائرة ما كإداة تكامل على وجه مرضي ، مانه يصبح من المرجحوب فيه أن تتحدد مقاومة الدخل فيه على أقصى درجته ممكنة من الاتساع [ يجب أن تتساوى ما لانهية من الوجهة النظرية ] . بناء على ذلك ، تعتبر المكبرات



شكل ١٤ - ٢ توصيلات المصدر وتفاصيل الإزاحة للمكبر التشغيلي 741 .

التشغيلية عند الدخل من طرار ترانزستور التأثير المجالي أكثر ملائمة في استخدامات دوائر التكامل الإلكترونية .

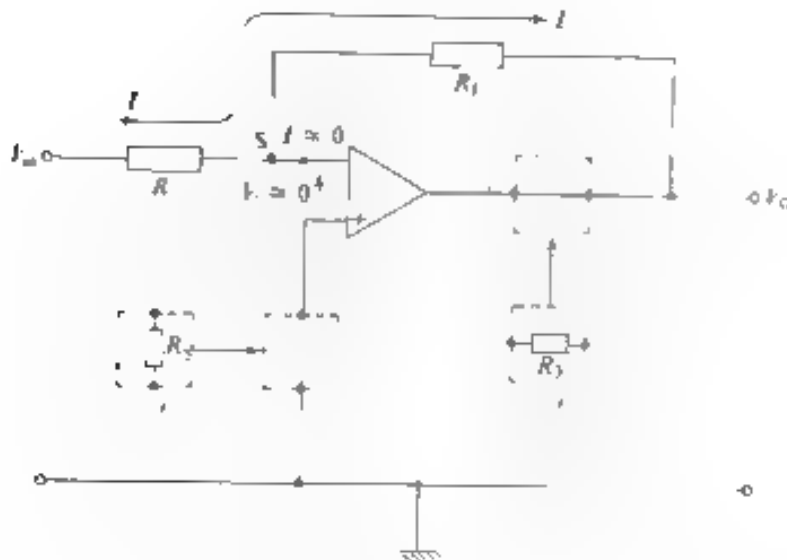
سيلاحظ القارئ أيضا القيمة المرتفعة جدا لكسب الجهد المصاحب لهذا النوع من المكبرات ، في العادة 100 000 [ . وهذه القيمة من كسب الجهد في حد ذاتها تعتبر غالبا مرتفعة أكثر من اللازم . فعلى سبيل المثال ، إذا لمكن استخدام هذه القيمة من الكسب ، فانه نظرا الى أن أقصى تأرجح لجهد

الخروج لمكبرات النوع 741 هو  $13\text{ V} +$  ، من اكبر قيمة يسمح بها لتأرجح جهد الدخل هي  $\pm 0.13\text{ mV} = \pm 13 \times 10^{-6}\text{ V} = \pm 13 \times 10^{-3}\text{ V}$  أو حوالي  $0.1\text{ mV}$  ومن الواضح جدا ، ان هذه القيمة لجهد الدخل تعتبر صغيرة للدرجة التي لا يصلح معها لاي استخدام . وعلى التطبيق العملي ، تدعو الحاجة الى التعامل مع تأرجح في الجهد بقيمة  $\pm 10\text{ V}$  أو اكثر . وللتكيف مع هذه القيم العالية لتأرجح الجهد ، يصمم ضروريا تضمين مكبرات تشغيلية داخل حلقات تغذية مرتدة سالبة ، حيث تؤدي الى انخفاض كسب الجهد للمكبر الى قيمة اكبر واقعية . سيتم مناقشة دوائر التشغيلية المرتدة بالاستعانة بالمكبرات التشغيلية في هذا الفصل .

## ١٤ - ٢ المكبر العكسي أو مغير الإشارة

يوضح شكل ١٤ - ٢ دائرة يعم استخدامها في علم الالكترونيات هي المكبر العكسي ملاحظ القارئ عند مقارنة هذه الدائرة بالدائرة المبنية في شكل ١٣ - ٢ [ ب ] انها تستخدم تغذية مرتدة محدد سلك على التوازي وان مقاومة اضافية  $R_1$  قد استخدمت في شكل ١٤ - ٢ . وعند استخدام مكبر تشغيلي بكسب جهد في حدود  $100\,000$  ، فإن جهدا  $V_1$  لا تتعدى قيمته  $0.0001\text{ V}$  فقط يلزم تسليطه على دخل المكبر لكي يعطى جهد خرج قيمته  $10\text{ V}$  ومن الناحية الواقعية ، تقترب قيمة هذا الجهد الى حد كبير من الصفر ، مما ينتج عنه أن يرجع الى الوصلة S في شكل ١٤ - ٢ كنقطة ارض افتراضية . وحيث ان قيمة  $V_1$  صغيرة جدا ، فإن قيمة التيار  $I_1$  الذي ينساب الى داخل المكبر تصبح صغيرة جدا في الواقع ، وبذا يمكن اعتبار قيمته مساوية للصفر . والان ، حيث أن  $V_1 \approx 0$  ، فلهذا نعلم لذلك تصبح قيمة التيار I المنساب في المقاومة R هي

$$I = \frac{V_{in} - V_1}{R_1} \approx \frac{V_{in}}{R_1}$$



شكل ١٤ - ٢ مكبر عكسي مسلط عليه تغذية مرتدة سالبة للجهد وعلى التوازي .

حيث ان  $I_i = 0$  ، فإنه عندما يصل التيار الى الوصلة  $S$  فإنه ينسحب خلال المقاومة  $R_f$  ، ومن ثم

$$I = \frac{V_i}{R_f} \cong -\frac{V_o}{R_f} \quad [11-2]$$

وحيث ان قيمة كلا التيارين في المعادلتين السابقتين متساوية ، فإن

$$-\frac{V_o}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_i}$$

لذا يصبح كسب الجهد  $A_v$  للمكبر التفاضلية المرتدة في شكل 11-2 هو

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_i}$$

وتعني الإشارة السالبة في المعادلة السابقة ان المكبر عكس للطور . وتبلغ القيمة الملائمة للمقاومة  $R_f$  حوالي  $10 \text{ k}\Omega$  علما بان  $1 \text{ M}\Omega$  تمثل رقما لقيمة تصوى مألوفة .

وفي بعض التطبيقات ، وهد انه اذا رادت قيمة  $R_f$  عن  $10 \text{ M}\Omega$  فإن جهد الحرج يصبح ملائما . ويمكن معادلة هذا التذبذب بتوصيل مكثف سعة حوالي  $100 \text{ pF}$  على التوازي  $R_f$  فلذا كانت  $R_i = 10 \text{ k}\Omega$  و  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$  فإن كسب الجهد للمكبر يصبح

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{100}{10} = -10$$

بمعنى انه ، اذا كانت  $V_{in} = +0.5 \text{ V}$  ، فإن  $V_o = (-10) \times 0.5 = -5 \text{ V}$  ، نادا سلط جهد هيبى متميز قيمته  $0.5 \text{ V}$  ج.م.م الى دخل مكبر التفاضلية المرتدة فإن جهد الحرج بالمثل هيبيا وقيمة  $5 \text{ V}$  ج.م.م ونصبح زاوية الطور بينه وبين الإشارة المسلطة مساوية لـ  $180^\circ$  .

ومن الممكن التفرع معرض النطاق الترددي للمكبر التفاضلية المرتدة ( اي نطاق الترددات التي تكرر بقيمة منتظمة ) من منطلق حقيقة ان حاصل ضرب الكسب ومعرض النطاق للمكبر التفاضلية المرتدة هو مقدار ثابت . فعند تردد قيمته  $10 \text{ Hz}$  ، تكون قيمة الكسب  $100000$  ، وحاصل ضرب الكسب في معرض النطاق الترددي للمكبر هو

$$10 \times 100000 = 1000000 = 10^6$$

لذا انخفض الكسب بمقدار  $10$  كنتيجة لتسليط التفاضلية المرتدة ، فإن معرض النطاق الترددي يصبح

$$\text{معرض النطاق الترددي} = A_v = 10^6 / 10 = 10^5 \text{ Hz} = 10^5 \text{ kHz}$$

طريقة معادلة الانسياب الحراري بعد تشغيل المكبر لفترة قصيرة وهد ان تغيرات طفيفة تحدث في جهد الخرج بسبب التأثيرات الحرارية وفي

أحدى الطرق المستخدمة لتقليل الانسياب الناتج عن هذه التأثيرات موضع مقاومة  $R_2$  على التوالي مع طرف الدخل العير عاكسي. وانوضح داخل الموضع (i) من شكل ١٤ - ٣ .

ويمكن شرح السبب في استخدام هذه المقاومة كما يلي . لنفترض ان حط الدخل العير عاكسي قد وصل للأرض مباشرة ، كما هو موضح بالشكل وان قيمة الجهد  $V_{in}$  تساوي الصفر أي انها موصلة بالأرض . وتحت هذه الظروف ، يضرر قدر ضئيل من التيار من كلا طرفي دخل المكبر ، يمر التيار الخارج من طرف الدخل العير عاكسي مباشرة الى الأرض ، بينما ينقسم التيار الخارج من الدخل العاكسي بين المقاومتين  $R_1$  و  $R_f$  ويبدأ جهد صغير بين طرفي الدخل في الظهور بالرغم من ان قيمه  $V_{in}$  تساوي الصفر نتيجة للتيار خلال  $R_1$  و  $R_f$  ، وتؤدي هذه القيمة من الجهد الى جهد خرج يتغير مع درجة الحرارة .

ويقل هذا التأثير لادنى حد ممكن موضع المقاومة  $R_2$  ، والتي تعرف باسم **المقاومة المعادلة لانسياب التيار** ، على التوالي مع حط الدخل العير عاكسي ومن اللازم ان تكافئ قيمة المقاومة  $R_2$  كهربائيا مجموعة الواري  $R_1$  و  $R_f$  أي أن

$$R_2 = R_1 R_f / (R_1 + R_f)$$

فلذا كانت  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  و  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$  ، فإن

$$R_2 = 10 \times 100 / (10 + 100) = 9.09 \text{ k}\Omega$$

وتحتوى المعدات المتخصصة على هذه المقاومة ، ولكن يمكن حذفها من الدائرة البسيطة . وعندما يوجد ضمن الدائرة ، فلن تؤثر على كسب جهد المكبر .

**الوقاية ضد حدوث قصر .** يسي داخليا في كثير من المكبرات التشغيلية دوائر وقائية ضد تيارات القصر عند الخرج ، ولكن بعضها لا يمتلك هذه الميزة . وفي هذه الحالة يفضل توصيل مقاومة  $R_3$  على التوالي مع خط الخرج في الموضع (ii) من شكل ١٤ - ٣ . وتبلغ القيمة الملائمة للمقاومة  $R_3$  حوالي  $47 \Omega$  .

## ١٤ - ٢ مكبر جمع

يوضح شكل ١٤ - ٤ دائرة مكبر بسيطة يمكن أن تجمع عدة اشارات مع بعضها البعض ويمطى جهد أخرج لهذا المكبر بالمعادلة التالية :

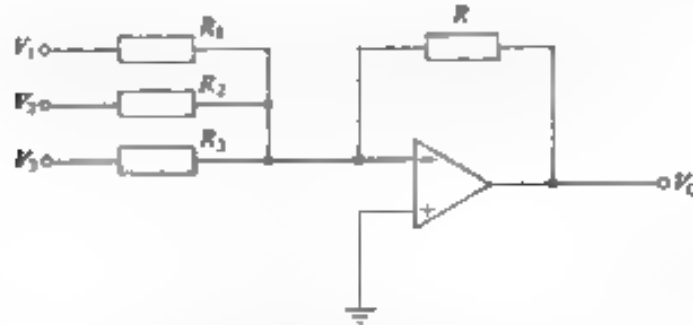
$$V_o = \left( \frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 \right)$$

فمثلا ، اذا كانت  $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$  ،  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  ،  $R_3 = 47 \text{ k}\Omega$  ،  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$  ، فإن

$$V_o = 2 \text{ V} \text{ ، } V_1 = +1.5 \text{ V} \text{ و } V_3 = 0.5 \text{ V} \text{ ، فإن}$$

$$V_o = - \left( \left[ \frac{100}{10} \times 1.5 \right] + \left[ \frac{100}{47} \times (-2) \right] + \left[ \frac{100}{100} \times 0.5 \right] \right) \\ = -(15 + (-4.26) + 0.5) = -11.24 \text{ V}$$

ومن الممكن استخدام هذا النوع من المكبرات ، مثلا ، في وحدة خط التردد السمي التي تخلط بها اشارات من ثلاث مصادر مثل الميكروفون ، وجهاز التسجيل والقيطرة .



شكل ١٤ - ٤ مكبر جمع أو دائرة المضافة للجهد

وكما في حالة المكبر العاكس الاساسي ، يمكن تهيئة التفاضل الحراري بتوصيل مقاومة على التوالي مع خط الدخل العبر عاكس . ويجب أن تساوي قيمة هذه المقاومة مجموعة التوازي المكونة من  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  و  $R_4$  . في الحالة السابقة ، يجب أن تكون قيمتها حوالي  $7.1 \text{ k}\Omega$

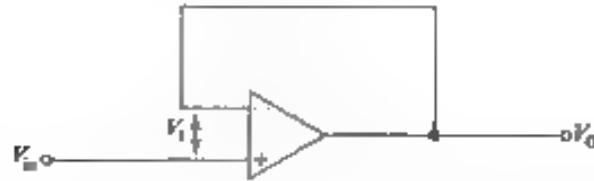
## ١٤ - ٤ دائرة تابعية الجهد

تحتاج تطبيقات كثيرة الى دائرة بالخواص التالية ،

- [ أ ] يجب أن يكون الكسب بقيمة الوحدة .
- [ ب ] يجب أن تكون غير عكسية .
- [ ج ] يجب أن تكون مقاومة الدخل مرتفعة .
- [ د ] يجب أن تكون مقاومة الخرج منخفضة .

يوضح شكل ١٤ - ٥ مكبر تغذية مرتدة يحقق كل هذه المتطلبات ويمكن التحصل على هذه السمات بتطبيق 100% تغذية مرتدة للجهد المسالب وعلى التوالي مع دخل المكبر . بمعنى أن ، يفدى  $V_o$  خلفا مباشرة الى الدخل العاكس للمكبر التشغيلي . وهي في الحقيقة ، تعتبر صورة أخرى محسنة لدوائر تابع الباعث والمصدر السابق توضيحها في الفصل الثالث هتم . ويستخدم هذا النوع من المكبرات كمكبر سلا بين مصدر اشارة ذي معاوقة خرج مرتفعة وحمل ذي معاوقة دخل منخفضة . وتمثل المعاوقة

المرتفعة لدائرة تابع الجهد حملًا كهربائيًا حقيقياً بالنسبة لمصدر الإشارة ولها معلوقه خرج منظمه انخفاضاً كافياً [ مادة جزء من الاوم ] لكن تنفع عياراً بقيمه كبيرة نسبياً . اى كبيرة طبقاً للمقاييس الالكترونية [ اى الحمل .



شكل ١٤ - مكبر متابع غير عاكس فيه كسبه تعادل الوحدة .

ومن الممكن استنتاج سبب كون كسب جهد المكبر مساوياً للوحدة من الدائرة في شكل ١٤ - كما يلي . حيث أن الكسب للمكبر التشغيلي نفسه مرتفع جداً ، فيكون قيمة الجهد  $V_1$  بين طرفي الدخل من الناحية الواقعية مساوية للصفر . فيتساوى الجهد عند طرفي الدخل في هذه الحالة، أى أن

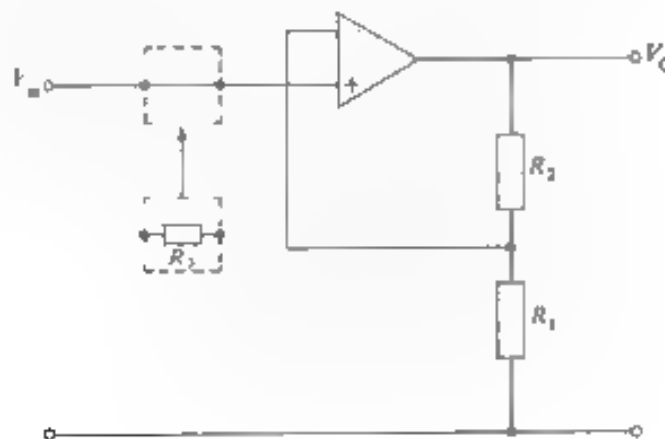
$$V_O/V_{in} = 1 \quad \text{أو} \quad V_O = V_{in}$$

## ١٤ - ٥ المكبر الغير عاكس

يسلط على الدائره في شكل ١٤ - ٦ تغذية مرتدة لجهد سالب وعلى التوالي عن طريق شبكة  $\beta$  المكونة من  $R_1$  و  $R_2$  . وفي هذه الحالة ، يسلط الإشارة على طرف الدخل الغير عاكس ليصبح طور اشارة الخرج الناتجة متفقا مع  $V_{in}$  . ويعطى كسب الجهد لهذا المكبر بالمعير الاتي :

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

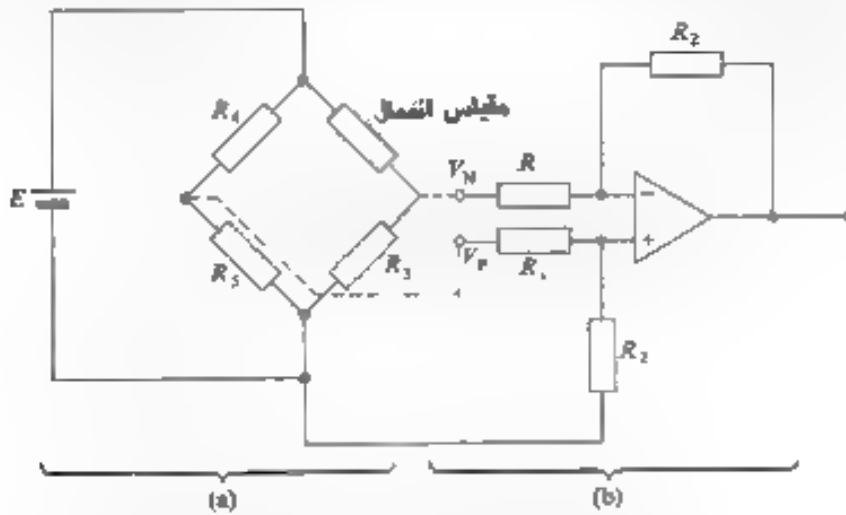
فلذا كانت  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  و  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  ، فإن  $A_v = 1 + 10/1 = 11$  ،



شكل ١٤ - ٦ مكبر غير عاكس

## ١٤-٦ مكبر تفاضلي أو مكبر فرقي

في بعض التطبيقات ، يكون من اللازم تكبير إشارة صغيرة جدًا في وجود إشارة أخرى كبيرة وغير مرغوب فيها . ومن ضمن التطبيقات المذكورة لهذا النوع من المكبرات قطره مقياس الانفعال من النوع الموصى في شكل ١٤ - ٧ [ ١ ] . مقياس الانفعال هو تخطيط يستخدم لقياس الانفعالات الميكانيكية في المنشآت تحت الاختبار . كما في الطائرة أو في الصاروخ .



شكل ١٤ - ٧ [ ١ ] تطبيق مقياس انفعال تفاضلي و [ ب ] شكل شعاع دائرة مكبر تفاضلي .

يتكون مقياس الجهد من شبكة ذات لاسلاك حقيقة فوق ورقة دعم ملصقة على القطعة تحت الاختبار، ويقاس الانفعال بتحديد التعبير في مقاومة المقياس عند تحميل القطعة ميكانيكياً . ويوصل المقياس بدائرة القنطرة كما في شكل ١٤ - ٧ [ ١ ] ، وتصبح القنطرة مقزنة في حالة التوازن بحيث تتساوى قيمتي الجهد  $V_N$  و  $V_P$  وعند تسليط حمل ميكانيكي  $\epsilon$  تتغير مقاومة مقياس الانفعال وتؤدي إلى ظهور جهد في حدود بضعة وحدات من المليون فولت بين  $V_N$  و  $V_P$  . وهذه الطريقة يمكن قياس جهد صغير جداً .

يوضح شكل ١٤ - ٧ [ ب ] الشكل الشائع للمكبر المستخدم في هذا النوع من التطبيقات ، وهو يستخدم تغذية مرتدة سالبة على التوازي من الخرج إلى الدخل العكسي . ويكون الدخل الفعال للمكبر هو  $V_P - V_N$  ، ويصبح كسب الجهد للمكبر

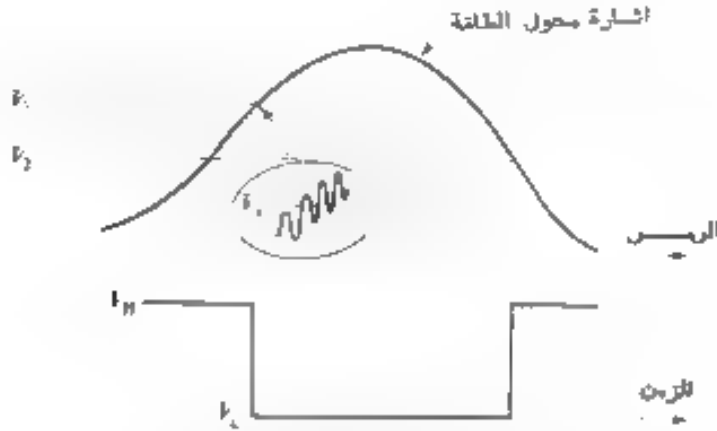
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_O}{V_P - V_N} = \frac{\text{جهد الخرج}}{\text{الفرق بين } V_P \text{ و } V_N} = A_v$$

عندما كانت  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$  و  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  فإن  $A_v = 10$



## ١٤ - ٧ مقارنة الجهد

مختلف الكميات المقاسة لكثير من محولات الطاقة في الصناعة بمعدل بطيء جدا كما يحدث ، على سبيل المثال ، لاشارة من محول للطاقة بقياس ارباع الماء من حرا كبر . ويدعو لحاحه هنا من المالب الى دائرة كهربائية بتغير خرجها محدة عندها يصل بمنسوب هذه الاشارة الى قيمة معينة سبق تحديدها . فالقارن هو تبطيه بتعبير جهد خرجها محده من قيمة الى قيمة اخرى عندما يرمع بمنسوب الاشارة الى حد معين ، ويعود محده الى قيمتها الاصلية عندما تهبط بمنسوب اشارة الدخل الى قيمة اقل قليلا ، ملدا سلطت اشارة محدل انصافه من شكل ١٤ - ٨ الى مقارن مسرع من ما بتعبير جهد خرج المقارن من  $V_H$  الى  $V_L$  عندما تطلع اشارة محول الطاقة قيمة تساوي  $V_L$  ، ويرد هذه القيمة مرة اخرى الى  $V_H$  عندما تهبط قيمة اشارة محول الطاقة الى  $V_L$  ويعرف مرق الجهد  $V_2 - V_1$  على منسوب جهد الدخل بالجهد المظلي أو بجهد التعويت للمقارن . وسو حد جهد التعويت بالمقارن الصناعية وذلك للسبب التالي . يحوى اشارات محولات الطاقة في العلب على تشويش

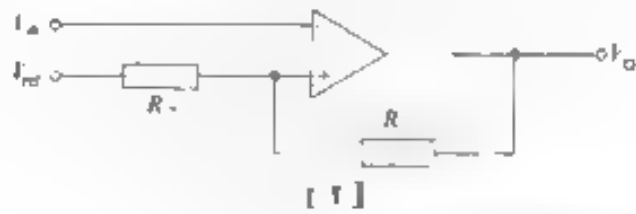


شكل ١٤ - ٨ الاشكال الموجة لتقل وخرج المقارن .

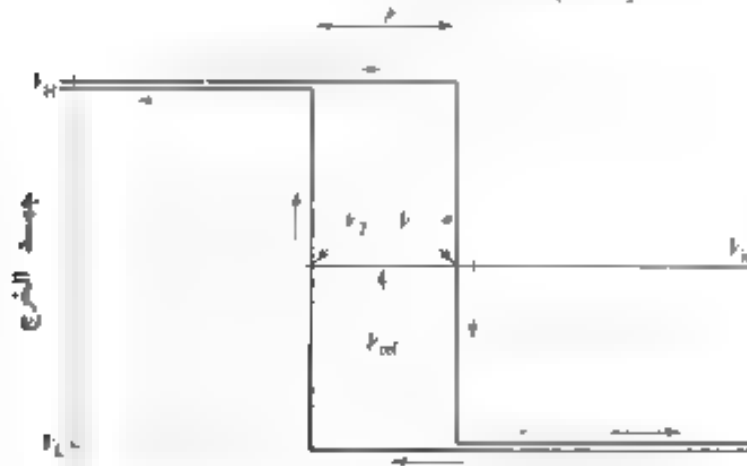
كهربائي من الممكن ان يسحب بواسطة مصائد السار المتردد بالقرب من محولات الطاقة او بواسطة عمليات القطع وانتوصيل في الاجهزة المحاورة لها . الخ . وقد ومع هذا تشويش بالحرء المصن من شكل ١٤ - ٨ . على لم يبتلك المحول هذا التعويت ، لادى اى تشويش مركب مع اشارة محول الطاقة في تعذب سريع لاشارة خرج المقارن بين  $V_H$  و  $V_L$  ومع تعويت كلف في حوامس المقارن ، يسمع وقوع هذا التعذب وتعطى الدائرة درجة من الحصانة ضد الضوضاء .

بوصح شكل ١٤ - ١١ احدى صور الاشكال الشائعة للمقارن وهي دائرة شبهة للاطلاق . ستخدم هذه اندائره مقدية برتدة موحه عن طريق المقاومة  $R_1$  ، ليس فقط لتحسين سرعة العمليات وانما ايضا لتقديم التأثير المظلي . وفي العادة ، تردد قيمة  $R_2$  كثيرا من قيمة المقاومة  $R_1$  وتعطى

جهد اطلاق علوى  $V_1$  فى شكل ١٤ - ٨ اكر قليلا من الجهد المقارن  $V_{ref}$  فى شكل ١٤ - ٩ [ ١ ] . ويظل جهد الاطلاق السفلى  $V_2$  فى شكل ١٤ - ٨ قليلا من الجهد المقارن  $V_{ref}$  .



$$V_2 = \frac{2R_1}{R_1 + R_2} V_H$$



[ ب ]

شكل ١٤ - ٩ دائرة شميت للانطلاق لو مقارن إعادة توليد الجهد .

بوصف شكل ١٤ - ٩ [ب] المنحى المير فى حالة القطبية الموحدة للجهد المقارن . ويتخذ خرج الجهد أقصى قيمة موحدة له  $V_H$  ، عندما تقل القيمة المطلقة لجهد الدخل  $V_{in}$  عن  $V_1$  ، علما بأن قيمة  $V_H$  تعتمد على قيمة جهد مصدر القدرة وعلى المكر التشغيلى المستخدم . وتؤدي زيادة قيمة الجهد  $V_{in}$  عن قيمة الجهد  $V_1$  الى معير محائى لجهد الخرج الى أقصى قيمة سالبة له أى  $V_2$  [ انظر شكل ١٤ - ٩ [ ب ] ] . ويظل منسوب جهد المقارن عند هذه القيمة طالما ان قيمة اشارة الدخل اكر من  $V_1$  . وعند انقراض جهد الدخل الى  $V_2$  ، يرتد جهد الخرج فجأة الى قيمته الاصلية  $V_H$  مرة اخرى . واذا تساوت قيم كل من  $V_1$  و  $V_H$  فان قيمة جهد التخلف تعطى كالآتى :

$$V_0 = V_1 - V_2 \approx 2R_1 V_H / (R_1 + R_2)$$

وهكذا ، اذا كان  $V_H = 10 \text{ V}$  و  $R_1 = 9.9 \text{ k}\Omega$  و  $R_2 = 0.1 \text{ k}\Omega$  فلى

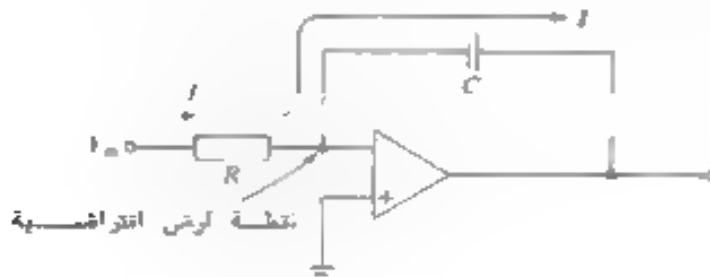
$$V_0 = 2 \times 0.1 \times 10 / (9.9 + 0.1) = 0.2 \text{ V}$$

## ١٤-٨ دوائر التكامل الالكترونية

لقد سبق وصف البوطيعة التي يؤديها الدائرة الكاملة في الفصل الثالث .  
وسيكون من الملائم للقارئ أن نعيد هنا هذا الوصف .

في الدائرة المكاملة ، ساسب القيمة اللحظية لمعدل تغير إشارة الخرج  
من المكامل مع سعة إشارة الدخل .

لننظر في الاعتبار عمل الدائرة في شكل ١٤ - ١٠ . في هذه الدائرة ،  
يسلط معدلة مرندة سالبة من لخرج الى طرف الإدخال العاكسي عن طريق  
المكثف C .



شكل ١٤ - ١٠ دائرة تكاملية الكفوسية

ومما أن طرف الإدخال العاكسي يعبر نقطة أرضية أمراسية ، فإن كل التيار  
المتسبب في مقاومة الدخل R يجب أن يمر أيضا خلال المكثف C . فإذا  
أحدد الجهد  $V_{in}$  قيمة ثابتة ، فإن  $I = V_{in} / R$  ، ويحدد بها قيمة ثابتة .  
ومما سبق عرضه في الفصل الثالث عن المكثف ، سيستذكر القارئ أن

تسار المكثف  $C \times$  معدل تغير جهد المكثف

ومن ثم فإن

$$I = \frac{V_{in}}{R} = C \times \text{معدل تغير جهد المكثف}$$

وهكذا يصبح

$$\frac{V_{in}}{RC} = \text{معدل تغير جهد المكثف}$$

وحيث أن من المفروض أن يكون لوح المكثف عند جهد الأرض ، فإن معدل  
تغير الجهد بين طرفي المكثف يساوي معدل جهد الخرج . لذا فإن

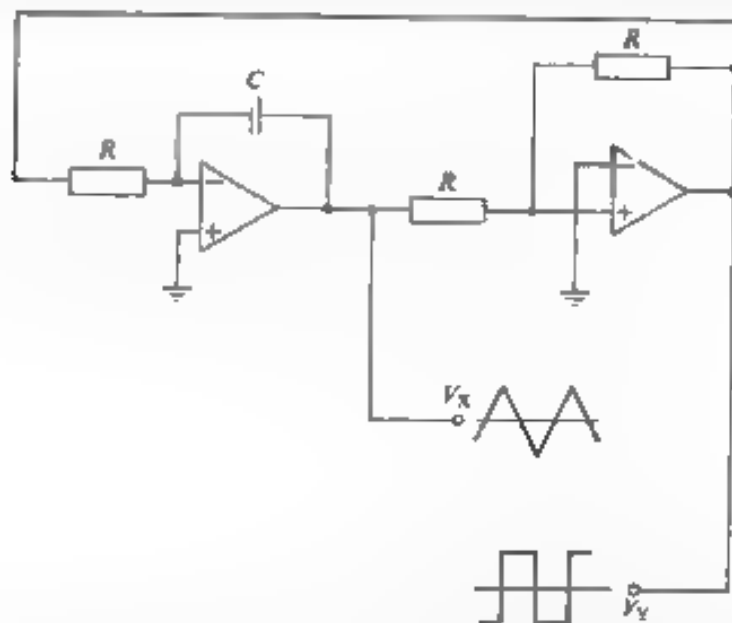
$$\frac{V_{in}}{RC} = \text{معدل تغير جهد الخرج}$$

ونبلى العلاقة السابقة أنه إذا كانت قيمة  $I$  ثابتة ، فإن  $I_0$  يتغير  
بمعدل ثابت . وبمقارنة هذه الصيغة بوصف البوطيعة التي يؤديها المكامل ،  
نرى أن الدائرة في شكل ١٤ - ١٠ تؤدي وظيفة المكامل .

وحيث ان الإشارة تسلط على طرفي الدخل العاكسي ، فانه اذا اتخذ الجهد  $V_{in}$  قطبية موجبة ، تصبح قطبية  $V_o$  بصفة تدريجية أكثر سلبية . أما اذا اتخذ الجهد  $V_{in}$  قطبية سالبة ، فلن قطبية  $V_o$  تصبح بصفة تدريجية أكثر ايجابية .

ومن ضمن سمات الدائرة المكاملة وهي أنه اذا انقص جهد الدخل فجأة الى الصفر ، فانه تما للوصف السابق للمكامل ينقص معدل تغير جهد الخرج ايضا الى الصفر . بمعنى أن جهد الخرج قد ربط على قيمة ثابتة طالما ظلت قيمة جهد الدخل عند الصفر . ومن الممكن تحقيق الحالة التالية السابقة فقط اذا لم تتسرب الشحنة بعيدة عن المكثف . ولتفادي هذا من حدوث ، يجب أن تكون المقاومة الداخلية للمكسر التشغيلي مرتفعة جدا ، وانه لن احل هذا السبب ، يفضل المكسر التشغيلي الذي يستخدم عند الدخل ترانزستور التأثير المحلي (FET) من البيئات الأخرى التي تستعمل ، عند الدخل ، وحدات ترانزستور ثنائية القطب ، مثل المكسر التشغيلي 741 [ انظر الجدول ٤ - ١ والنقطة المصاحبة له ] .

تستخدم المكاملات بكثرة في نظم الالكترونية التي تولد انواعا خاصة من الاشكال الموجبة لعرض اختيار المعدات . ويوضح شكل ١٤ - ١١ تطبيقا من هذا النوع . اد تسلط في هذه الحالة جهد الحرج  $V_x$  من مكامل من هذا النوع السابق وصفه الى مقارن الجهد . وتقارن ترقية التغذية المرتدة في الدائرة



شكل ١٤ - ١١ مطلب لمبة التمرير لتوليد كل من الموجة المربعة الموجبة والسالبة .

الاخيرة قيمة  $V_x$  عند مدخل المقارن مع جهد خرج المقارن  $V_y$  . وعندما تكون قطبية  $V_y$  سالبة تتحول قطبية جهد الخرج المكامل ، بصفة منتظمة الى أن تصبح أكثر ايجابية . ويستمر الارتفاع في هذا الجهد طالما ظلت قيمة  $V_x$  عند قيمة  $V_y$  . وعندما تريد قيمة  $V_x$  قلبيلا عن قيمة  $V_y$  تصبح قطبية جهد الخرج المقارن فعاء موجبة . ويؤدي هذا الى أن يبدأ جهد الخرج من دائرة

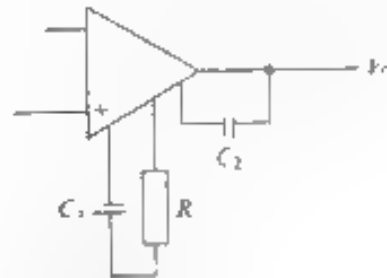
المكامل من الانحماض ، محطيا ، بعدل ثابت حتى يصبح من النهاية سلبية .  
مرة أخرى ، عندما نزيد قبة جهد الحرج من المكامل قليلا عن قيمة  $V_y$  ، فإن  
مطبخه جهد الموارر يعكس محده مرة أخرى . تستمر هذه العملية بدون  
حدود لمعطى شكلا موجعا مثلثا عند الحرج  $V_x$  وشكلا موجعا سريعا عند  $V_y$

وسنستخدم المدمجات من النوع الموضح سابقا لتوليد اشارات من المدى  
الترددى من دوره واحد لكل بمسعه دقائق حوالى  $1 \text{ MHz}$  . وباستخدام  
دائرة الكروسه ، يمكن تحويل الموجه المنته التى ما يكاد يقرب من الموجه  
الجسة المثالية .

## ١٤ - ٩ معادلة التردد للمكبرات التشغيلية

لقد تم تصميم الدوائر التى وصفت حتى الآن ونفى ادهتها المكر التشغيلى  
الاساسى 741 . ولهذا النوع من المكبرات بعض أوجه القصور ، ولهذا  
السبب سنعمل ناس انواع أخرى من المكبرات التشغيلية . ونفى بعض  
الاحتمال ، قد يحدث جهد الحرج من هذه المكبرات مالم يوصل اليها دوائر  
المعادلة ( او تعويض ) التردد لهذه المكبرات . وان لم نوظفه هذه الدوائر  
مع البندى المریده الموجه من أن نسلط دون قصد عند ترددات التشغيل  
العالية .

ونسمى دوائر معادلة التردد فى الدائرة التكاملية لمكر التشغيل 741  
ولا ندعو الحاجة لائ مكومات خرجية . ويوضح شكل ١٤ - ١٢ العناصر  
المعتادة لتعويض التردد والمستخدمه مع الانواع الأخرى للمكبرات التشغيلية .



شكل ١٤ - ١٢ معادلة التردد للمكبرات التشغيلية .

هذا وتدعو الحاجة المكثف  $C_1$  والمقاومة  $R_1$  لمعادلة التردد عند نقطة  
مكبرة للمكر ويهيء المكثف  $C_2$  تعويضا للتردد من الحرج . وتقع قيم  
 $C_1$  و  $R_1$  عادة فى المدى من  $10 \text{ pF}$  الى  $10 \text{ nF}$  ومن صفر الى  $15 \text{ k}\Omega$  ،  
على الترتيب ، وتقع قيمة المكثف  $C_2$  فى المدى من  $3 \text{ pF}$  الى  $200 \text{ pF}$  .  
ويجب الاطلاع على ما يصدر عن المصممين لهذه السائط عند تنفيذ دوائر  
بلاستخدام المكبرات التشغيلية التى تحتاج الى معادلة التردد .

## الفصل الخامس عشر

### مصادر القدرة ثابتة الجهد والإلكترونيات القوى الكهربائية

في هذا الفصل ، سيقابل القارئ مدى احتياجات نظم القوى الكهربائية التي تتراوح من الدوائر التي تعطى مصادر ذات درجة استقرار مرتفعة وتبلى في حدود مصممة من وحدات الميلي أمبير إلى النظم المثبتة للقوى الكهربائية العالية والتي لديها إمكانيات للتعامل مع قدرات تصل إلى عدة وحدات من الميجاولت .

#### ١٥ - ١ الحاجة إلى مصادر قدرة ذات جهد ثابت :

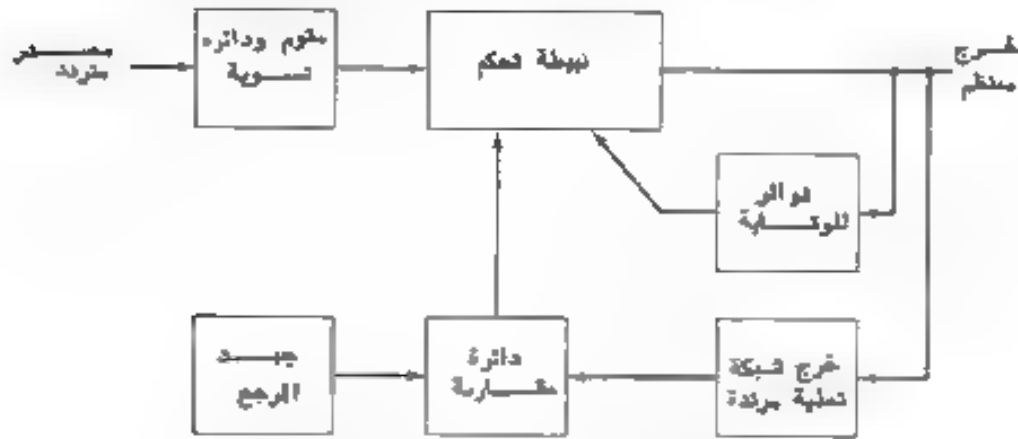
مصدر القدرة ثابت الجهد هو المصدر الذي يعطى خرجاً ثابتاً [ عادة فولت ] بدون تبوحت ، والذي لا يتغير خرجة عند تغير جهد المصدر في مدى يبلغ حوالي  $\pm 10\%$  . ويجب أن لا يعتمد خرجها أيضاً على التغير في مقاومة الحمل على مدى قيم الحمل العادية للمعدات . وعلاوة على ذلك ، تتضمن مصادر قدرة كثيرة أجهزة الكترونية للوقاية من تحاور التبلى والتي تستجيب في حدود عدد قليل من وحدات الميكروثانية من حدوث العطل ، كما تحتوي أيضاً على دوائر تمتع الجهد من التسلسل على الحمل الموصل . وهذه الدوائر التي ذكرت تعتبر هامة إذا احتوى الحمل دوائر تكاملية .

وكمثال لاستخدام مصدر القدرة ثابت الجهد ، ينبغي أن يظل مصدر التغذية إلى بعض أجزاء أجهزة التليفزيون الملون ثابت الجهد ، والآلات التحويلات في مصدر الجهد إلى تغير في ألوان الصورة . وتستخدم مصادر القدرة ثابتة الجهد أيضاً بكثرة في الأجهزة العملية الإلكترونية .

#### ١٥ - ٢ فكرة عمل منظم التوالى للجهد

يوضح شكل ١٥ - ١ الشكل التخطيطي الإجمالي لأراحل منظم التوالى الذي يعتبر أكثر صور منظم الجهد الإلكتروني شيوعاً . في هذه الدائرة ، يقوم أولاً المصدر المتردد ويسوى قبل تسليطه على نبيلة التحكم والحمل .

وتشارك ببطية التحكم [ التي تكون عادة من الترانزستور ] والحمل ، مصدر التيار المستمر المسوى مع بعضهما البعض ، وتعمل ببطية التحكم بطريقة معينة بحيث تحافظ على الجهد ثابتا بين طرفي الحمل . ونصل هذه البنية بالطريقة الآتية : حيث أن ببطة التحكم تشارك الحمل بالنسبة لمصدر الجهد،



شكل ١٥ - ١ شكل تخطيطي لمراحل منظم تواتر

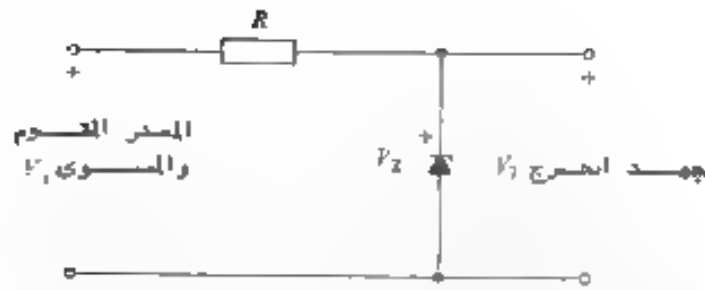
لذا فانه من الممكن عمل ترتيبية يشتمل لنسطة التحكم أن يتغير جهدها لتتنص أية تغيرات في مصدر الجهد . بمعنى أن ، تؤدي زيادة مصدر الجهد الى زيادة فرق الجهد بين طرفي نسطة التحكم ، بحيث لا يتغير الجهد المسلط على الحمل . وبالمثل ، ينتج عن انخفاض مصدر الجهد انخفاضا مناظرا في فرق الجهد بين طرفي عنصر التحكم ، ليعترك الجهد بين طرفي مصدر التحكم ، ليعترك الجهد بين طرفي الحمل ثانيا لا يتغير مرة أخرى .

ومن الواضح أن الجهد بين طرفي الحمل يظل ثابتا على مدى واسع لتغيرات مصدر الجهد . وبالمثل ، إذا تغيرت قيمة مقاومة الحمل ، فإن الجهد بين طرفي نبطة التحكم يسمير ايضا وبسرعة للحفاظ على جهد الحمل ثابتا . سنناقش فيما يلي الأجزاء المختلفة للرسم التخطيطي للمراحل في شكل ١٥ - ١ .

## ١٥ - ٢ مرجع مصدر الجهد

يوضح شكل ١٥ - ٢ دائرة شائعة تستخدم كمرجع لمصدر الجهد . وهي تتكون من دايود زينار مع توصيل الكاثود للقطب الموجب لمصدر القدرة الغير ثابت الجهد عن طريق المقاومة  $R$  . وتريد قيمة مصدر الجهد  $V_1$  من جهد الانهيار  $V_Z$  لدايود زينار ، ويظهر فرق الجهد بين  $V_1$  و  $V_Z$  [ يساوي  $V_1 - V_Z$  ] بين طرفي المقاومة  $R$  .

ومن الضروري أن لاتتدى وحدات الدايود ، التي تحتل لال هذا النوع من التطبيقات، أي تغير على جهد الانهيار مع درجة الحرارة . ونساوي قيمة خرج

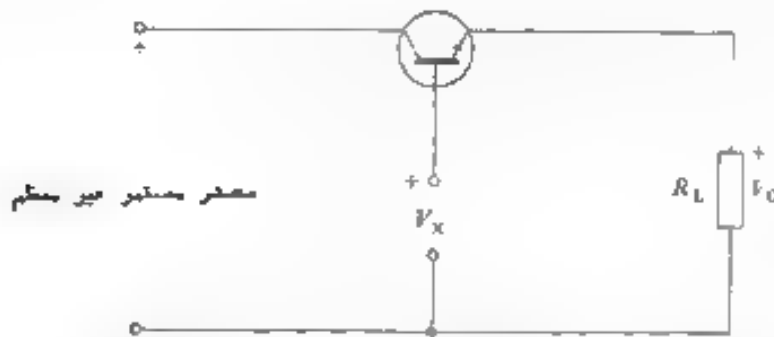


شكل ١٥ - ٢ شكل بسيط لمرجع مصدر الجهد

الحهد من هذه الدائرة ، فيه جهد الانهيار لدايود زيلر ، أي  $V_2 = V_Z$  . فإذا تغيرت قيمة جهد المصدر  $V_1$  ، فإن فرق الجهد بين طرفي المقاومة  $R$  يتغير لمعادلة التغير ، ويظل جهد الخرج ثابتاً .

### ١٥ - ٤ نبيلة التحكم الموصلة على التوالي

إن أساس منظم التوائى هو تابع الباعث فى شكل ١٥ - ٣ . فلأشارة  $V_x$  المسجلة على قاعدة الترانزستور هى الخرج من مرجع لمصدر الجهد يشبه المرجح الموصع فى شكل ١٥ - ٢ . وطبقاً لما تم توضيحه فى الفصل الثالث عشر ،



شكل ١٥ - ٣ صورة نمطية لدائرة منطكية على التوالي .

سيترك القارئ أن قيمة جهد الخرج  $V_0$  طبقاً لعمل تابع الباعث نقل بمحدد قيمة قليلة عن قيمة  $V_x$  . وهكذا ، بالنظر إلى أن قيمة  $V_x$  ثابتة ومستقرة فإن جهد الخرج يظل ثابتاً ومستقراً بالمثل .

### ١٥ - ٥ منظم جهد موصول على التوالي

يوضح شكل ١٥ - ٤ إحدى صور المنظمات الموصلة على التوالي ، وسيتمتع القارئ من هذا الشكل على المقوم ودائرة التسوية ، ومرجع مصدر الجهد ونمطية التحكم الموصلة على التوالي - وتكون شبكة خرج التغذية





المرتدة [ انظر ايضا شكل ١٥ - ١ ] في الدائرة من شبكة المقاومة التي تحتوي  $R_1$  و  $R_2$  و  $RV$  وتستخدم المقبومة  $RV$  لضبط قيمة جهد الخرج . ويسلط جهد الخرج  $V_0$  وجهد المرجح  $V_7$  الى دخل المكنر الفرقى [ انظر ايضا الجزء ١٤ - ٦ من الفصل الرابع عشر ] ، والذي سلف حرجه مع فرق الجهد بين جهدي الدخل اي  $V_7 - \beta V_0$  .

والجهد عند مرقى مقياس الجهد  $RV$  عباره عن جزء  $\beta$  من جهد الخرج اي انه يساوى  $\beta V_0$  . قادا كان كسب المكنر الفرقى مرتعنا لحد كبير من قيمة الجهد  $V_7$  بين طرفى المكنر الفرقى يصبح صغيرا جدا ، أى أن

$$\beta V_0 = V_7$$

$$V_0 = V_7 / \beta$$

وعلى سبيل المثال ، اذا كانت  $V_7 = 5$  و  $\beta = 0.4$  ، فلي  $V_0 = 12.5 = 5/0.4$  . ما اذا تحرك مرقى مقياس الجهد في اتجاه خط الخرج الموصل بحيث  $\beta = 0.6$  ، فإن قيمة جهد الخرج الجديد هي  $V_0 = 5/0.5 = 10$  . ومن الممكن ان يكون المقاومة الصغيرة  $RV$  اما مرقى سبيل ضبطه او ، في حالة الاجهزة المعقدة للاعراس العامة ، يكون مقياس الجهد مخصص بحكم على اللوحة الالهية للجهاز .

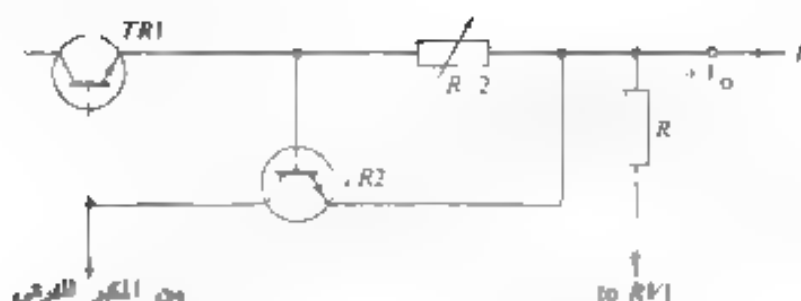
تنظم الدائرة الموصحة جهد خرجها تلقاء تعبيرات جهد المصدر كما يلي : اذا رادت قيمة جهد المصدر ، فإن جهد الخرج يميل الى الزيادة ، ومنه يساوى الجهد الاحصالى عند دخل المكنر الفرقى ( تذكر ان  $V_0 = V_7 - \beta V_0$  ) . ويؤدي هذا التأثير من نقص جهد الخرج من المكنر الفرقى والذي ، طبقا لتأثير مانع الداعث ، يؤدي الى انخفاض جهد الخرج من معظم الموائى الى قيمة مختلف اختلافا قليلا عن قيمتها الاصلية .

## ١٥ - ٦ منظمات التوالى للوقاية من تجاوز التيار

### وتجاوز الجهد عند الخرج

من الممكن ان تستخدم دائرة ابوقانه من محاور التيار المبيته في شكل ١٥ - ٥ بالاضافة مع منظم التوالى المبين في شكل ١٥ - ٤ حيث ترحم المكونات  $TR1$  و  $R_1$  في شكل ١٥ - ٥ الى المكونات المبثورة في شكل ١٥ - ٤ وبهذه المكونات الاصلية  $TR2$  و  $RV2$  وناله من محاور التيار ، وتعمل الدائرة كما يلي : عند الاستخدام ، تضبط العتبة  $RV2$  بحيث لا تكفى قيمة فرق الجهد بين طرفيها ، عند القيم العادية لتيار ، لمحمل الترانزستور  $TR2$  موصلا .

في حالات الحمل الزائد ، يصبح فرق الجهد بين طرفى  $RV2$  على درجة من الزيادة التي تكفى لبدء توصيل  $TR2$  وذلك عنصيا بحول  $TR2$  بعض التيار من خرج المكنر الفرقى بعيدا عن قاعدته  $TR1$  . وهذا يؤدي الى انخفاض قيمة تيار المجمع  $TR1$  الذي يقلل من قيمة تيار الحمل الى مستوى

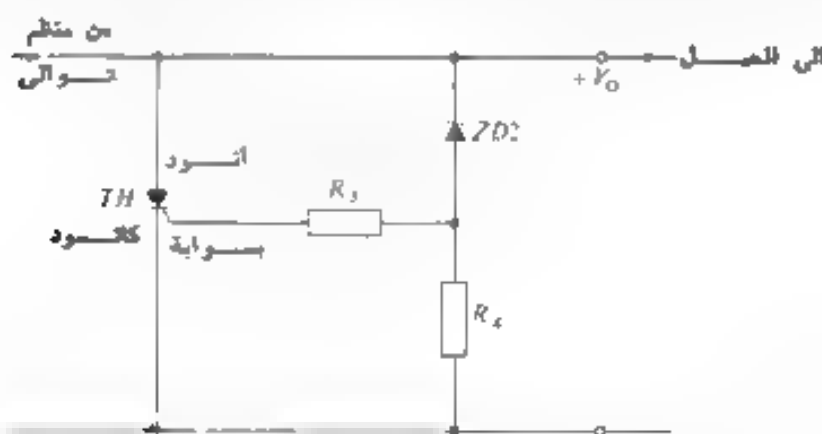


شكل ١٥ - ٥ : احدى الطرق لاستخدام الوقاية من تجاوز التيار .

آمن . مريده فيه المعلومه  $R_{V2}$  تقلل من قيمة تيار الحمل الذي يبدأ عنده الحد من التيار اى انه عندها يكون فيه  $RV$  كبيره ، من سار الحمل محد الى فيه منحصره .

وسعرض نظم منظميه كثيره للنظم اذا ارتفع مصدر جهدها عن قيمة معينة . من اللازم ان تتضمن مصادر القدرة المستخدمة مع هذه الانواع وسيلة لمنع جهد الحرج من الارتفاع عن حد الامان ، اى انها يجب ان تضمن وقاية من تجاوز الجهد عند الحرج .

ويوضح شكل ١٥ - ٦ طريقة بسيطة لتوفير هذا النوع من الوقاية . ففى هذه الدائره وعند ظهور تجاوز للححد بين طرفى الحرج ، يسلط « محل » (crowbar) الكهرومى من خطوط الحرج ، ويؤدى هذا الى تسط دائرة قصر على حرج المنظم نفسه لحظيه . ويوصف هذا النوع من الوقاية بالوقاية المحليه من ترايد الححد ويحد من التيار المسبب من دائرة القصر اما بواسطة الوقاية الحديه للتيار والموصحه سابقا او بواسطة انصهار مصدر المصدر او بتشغيل قاطع السار حيث يوضع . ولا يستخدم هذا النوع من الوقاية مع نظم الدوائر التكاملية بحسب ولكنه يستخدم ايضا بكثرة مع مصادر كثيره للقدرة ذات الححد الثالث ففى أجهزة استقبال التلفزيون الملون



شكل ١٥ - ٦ : نوع بسيط للوقاية المحلية من تجاوز الجهد

وتحتوي الدائرة على سبطه معرف باسم الثايرستور ، وهي موضحة مع الرمز TH في شكل ٥ - ٦ ، وستوصف بالتفصيل في الجزء ١٥ - ٧ من هذا الفصل . ومن أجل تلبية احتياجات العرض من هذا الجزء من الكتاب ، سمّيت شرح موجز هنا . مالتايرستور هو سبطه يشبه الدايود لها ثلاث أقطاب [ الكاثود ] هي بالاسم الانود والكاثود والنواة . وبؤدى منطقتي الانود والكاثود وصانف منطقتي الدايود المتماثلين . هذا ومختلف الثايرستور عن الدايود في أن الثايرستور لا يستطيع التوصيل ، حتى ولو كان الانود موجبا بالنسبة الى الكاثود ، الى أن يدمج تيار من منطقة النواة للسطة . مطالبا يوصل الثايرستور فاته يعمل كدايود عادي ، أي أن التيار ينساب خلاله طالما أن الانود موجبا بالنسبة الى الكاثود .

وبعمل دائرة الوقاية من تجاوز الجهد والموضحة في شكل ١٥ - ٦ كميلي يحدد مستوى الاعناق للدائرة بواسطة جهد الانهيار لدايود زينر ZD2 مصدرا مرص . جهد الحرج من المنظم عن جهد الانهيار لدايود زينر ZD2 يسلب للبار خلال مقاومة تحديد التيار  $R_3$  وخلال بوابة TH . وبؤدى هذا الى دائرة الثايرستور TH لحالة من التوصيل وتسليط دائرة قصر على أطراف خرج المنظم .

## ١٥ - ٧ وحدات الثايرستور

كما ذكر سابقا ، فإن وحدات الثايرستور هي بالاساس نطاق شبيهة للدايود ولها الكاثود تحكم أصلي . وقبل تسليط جهد على الكاثود التحكم [ النواة ] ، فإن الثايرستور يعمل بطريقه مماثلة لفتح في وضع الملق ، ولا يمر خلاله أي تيار . وعند تسليط جهد بالنقطبة الصحيحة [ مستأنش النقطبة الفعلية بعد ذلك في هذا الجزء ] على طرف الواب ، فإن النقطبة تعمل كدايود [ بوحد هناك معبرات طفيفة بالنسبة لهذا المطلب ومستأنش فيما بعد . وقد صيغ اسم ثايرستور من حقيقة أنه يعمل مثل الثايراترون من مادة من أشباه الموصلات [ الثايروترون هو صلم ملوء بالعز يستعمل تقريبا لنفس الأغراض التي يستعمل فيها الثايرستور ] . هذا وقد عرف نوع الثايرستور المستخدم في شكل ١٥ - ٦ في الماضي بالوحد السلبيكوني المحكوم أو SCR ، وهو الاسم التحاري .

توحد طائفتان شابتان للثايرستور ، هما الثايرستور عكسي الاعاقة والثايرستور ثنائي الاتجاه . وللسهولة ، سيرجع الى النوع الاول كالثايرستور وإلى النوع الثاني كالترايك .

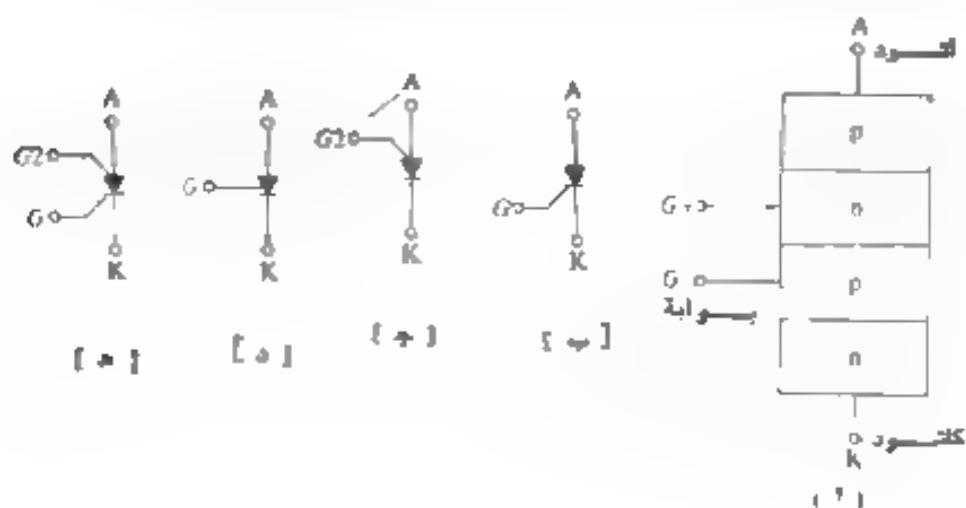
## ١٥ - ٨ الثايرستور عكسي الاعاقة

الثايرستور هنا هو نيطة من مادة شبه موصلة تحتوي على أربع طبقات موضحة في شكل ١٥ - ١١٧ ، حيث يتصل الانود والكاثود بهيكل كل من المنطقة نوع م والمنطقة س على الترتيب . وتستخدم منطقة م المتوسطة

في الثايرستور العادي كمناطقه البوابة G وقد وضع رمز الدائرة في هذه الحالة بالشكل (b) وتستخدم سائط اخرى منطقة من المنطقة G2 ، كمواصلة التحكم [ انظر الثايرستور احادي التوصيل القابل للبرمجة (PUT) في الفصل التاسع ] وقد وضع رمز الدائرة بالشكل (c) . تعرف البوابات G و G2 في بعض الاحيل بوابه الكاثود وبوابة الانود ، على الترتيب ، حيث ان منطقتي التحكم هاتين ، قريبتان من منطقتي الكاثود والانود . ويستخدم الرمز في شكل (d) ايضا ليمثل وحدات الثايرستور . ومع ذلك ففي نوع آخر من الثايرستور ، يعرف بالمتاح السليكوني المحكوم ، تها منطقتي البوابات لاعراض التحكم ، وقد وضع رمز الدائرة في هذه الحالة بالشكل (هـ) . وحتى الان ، قل نسطه بوابه الكاثود ، شكل ١٥ - ٧ [ ب ] ، هي اكثر انواع الثايرستور شيوعا ، وسوضح فكرة عملها كما يلي :

تشابه الحواص الاساسيه لجميع وحدات الثايرستور عكسية الاعاقه ما هو موضح في شكل ١٥ - ٧ و [ ا ] . فمى الرسم ، يحدد الاتجاه الموصى عندما يسحب التيار الى دخل الانود . ولناخذ في الاعتبار أولا عمل المنطقة عندما يساوي فيه الجهد المسلط على البوابة الصفر . عندما يكون انود الثايرستور سالبا بالنسبة الى الكاثود ، لا يسمح الثايرستور بانهيار التيار خلاله [ ويقول « يعوق » اسباب التيار ] ، انما التيار المار خلاله هو سار الضرب فقط ، وتبلغ قيمته حوالى  $200 \mu A$  لمبطه معدلها  $1 A$  وحوالى  $5mA$  لمبطه معدلها  $10A$  . وعندما يكون الانود سالبا ، يقول ان الثايرستور يعمل على الاسلوب عكسي الاعاقه . فادا زاد الجهد العكاسكي المسلط على الثايرستور تدريجيا يصل الى النقطة التي يحدث عندها انهيار عكسي ويزداد التيار خلال الثايرستور بسرعة مالمعه . وما لم يحد من قيمة التيار بعد حدوث الانهيار العكسي فان درجة حرارة الثايرستور تبدأ في الارتفاع كنتيجة للتدفق المتولد من المنطقة . وفي عالىة الحالات ، يؤدي هذا الى تلف الثايرستور .

سيوجه انتباه القارئ الان الى عمل الثايرستور في الوضع الاول من الحواص عندما يكون الانود موجبا بالنسبة الى الكاثود [ ا ] . هنا ، وعندما تبلغ قيمه جهد البوابة الصفر وفي حدود الجهد المقنن للثايرستور ، فان





شكل ١٥ - ٧ الثايرستور [ ١ ] التركيب [ ب ] و [ د ] الرموز المستخدمة للدائرة  
و [ د ] خواص الاتود التقليدية

الثايرستور يجمع اسباب التيار مرة اخرى ، وفي هذه المرحلة من التشغيل ،  
يقال ان الثايرستور يعمل على أسلوب الاعاقة الاملى من التشغيل .

ويمكن توصيله من هذه الحالة الى أسلوب توصيلها الاملى :

[ ١ ] بتطبيق اشارته على البوابة نحمل منطقة البوابة موجبة بالنسبة  
الى الكاثود او ،

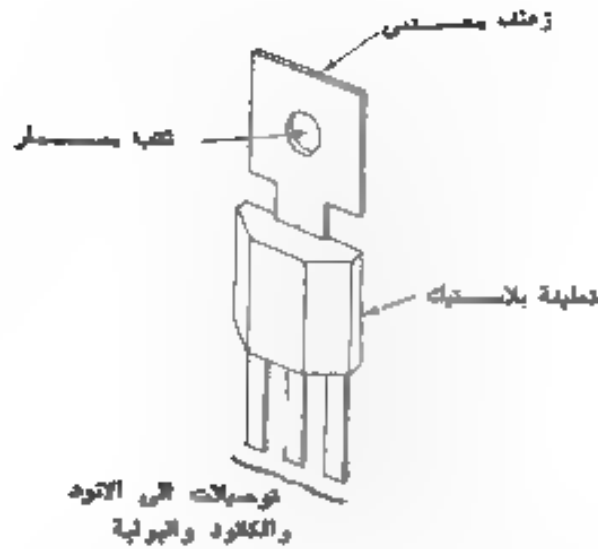
[ ب ] بزيادة جهد الانود الى النقطة التي يحدث عندها انهيار املى .  
والطريقة [ ١ ] السابقة هي الطريقة المعتادة لوصل الثايرستور . وقد  
تأخذ اشارته البوابة المستخدمة لوصل الثايرستور شكلا واحدا من الاشكال  
التي تتضمن (i) جهدا مستمرا او (ii) جهدا معوقا من تيار متردد . او  
(iii) نبضة قصيرة مدّة مقادير حوالى مئسة وحدات من الميكروثانية . وتفضل  
الطريقة (iii) لمدة اسباب متناقش فيما بعد .

هذا بمجرد انطلاق الثايرستور الى حالة التوصيل الاملى له ، يهبط  
الجهد بين طرفيه الى قيمة منخفضة نسبيا . وتبلغ القيمة النشطة لهذا الجهد  
حوالى 0.75 — 1.5 V عند التيار المقنن . وهكذا ، وعند الحمل الكامل ،

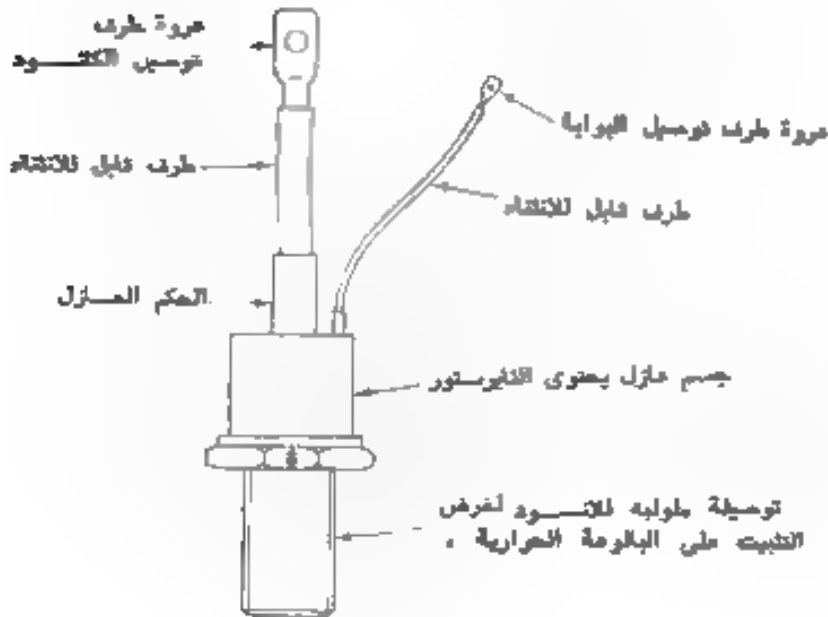
يحدد ثايرستور بتقنين واحد أمبير حوالى  $1\text{ W}$  ويحدد ثايرستور بتقنين  $100\text{ A}$  حوالى  $100\text{ W}$ . ومن الواضح أنه بالنسبة للاحجام الكبيرة يلزم تركيب الثايرستور على بالوعة حرارة والتي يمكن تبريدها بالروحة ؛ أن تطلب الأمر ذلك وسحرد أن يصبح الثايرستور فى حالة التوصيل الامبى ، تتقد اشارة البوانه قدرد التحكم فى اثارستور وقد ينخفض جهد البوانه الى الصفر . وعلاوه على ذلك فانه سحرد أن يصبح الثايرستور موصلًا ، فانه يستمر فى التوصيل ، طالما استمر الابدود موحا بالنسبة الى الكلود . وبقل الثايرستور باقلال بيار الابدود الى ما دون قيمة معرف باسم التيار لقلص [ انظر شكل ١٥ - و ] وبلغ قيمة هذا التيار حوالى  $2-5\text{ mA}$  بالنسبة الى نظية بتقنين  $1\text{ A}$  وحوالى  $1\text{ mA}$  بالنسبة الى نظية بتقنين  $15\text{ A}$  . ولاقلال قيمه بيار الابدود الى هذه القيمة ، ينقص جهد الابدود الى قيمه الصفر او يجعل سلبا .

مما سبق ، لا يستلزم الامر سوى تسليط اشارة على منطقة البوانه لمدة بضعة وحدات من الميكروثانية لوصول الثايرستور ON . ولهذا السبب تتضمن الانواع الشائعة لدائرة بوانه التحكم مولدات نبضات ، حيث قد وصح فى الفصل الثالث عشر من قبل نوعان ملائمان منها وسوصف انواع اخرى منها فيما بعد فى هذا الفصل . وهناك سبب وحيه آخر لتفضيل استخدام مولد نبضات عن اشارة بوانه مستمرة وهو أن القيمة المتوسطة للقدرة المخفوعة الى داخل منطقة البوانه مولد النبضات تعتبر فى واقع الامر صغيرة جدا وهذا عائد الى تسليط نبضة البوانه لمدة صغيرة جدا من الزمن . وهناك سبب ثالث لاستخدام اشارة بوانه نبضة يتبثل فى أن القيمة المسموح بها لتيار الذي قد يوضع الى داخل البوانه خلال فترة الوصل (ON) . يزيد كثيرا عما اذا ما تم تسليط جهد ثابت وتؤدي القيمة المرتفعة لتيار البوانه الى وصل الثايرستور (ON) بسرعة اكثر عنها فى حالة بيار بوانه اقل . ويؤدي هذا بدوره الى الاقلال من القدره المبدده فى الثايرستور خلال فترة الوصل (ON) .

وصفة عالية ، يوصف الثايرستور على أنه نظية ذات قدرة مخفضة عندما يكون مقنن تياره اقل من حوالى  $5\text{ A}$  ويوصف على أنه نظية ذات قدرة متوسطة اذا كان مدى مقنن التيار محصورا بين  $5\text{ A}$  و  $50\text{ A}$  ولوحدات الثايرستور مرتفعة القدرة مقننات للتيار تزيد عن حوالى  $50\text{ A}$  ، ولا يعتمد نوع التغليب المستعمل للثايرستور على مقنن التيار فحسب ، بل يعتمد ايضا على طبيعة الاستخدامات . وتستك وحدات الثايرستور بتقنين حوالى  $1\text{ A}$  فى علب صغيره TO-5 او فى تعليمة من البلاستيك كما وضع فى الفصل التاسع [ انظر شكل ٩ - ٢ ] . هذا وتستك بعض نمائط الثايرستور المنخفضة والمتوسطة القدرة [ تقنن من  $5 - 10\text{ A}$  ، فى تعليمة [ كسولة ] بلاستيك مماثلة لتلك الموضحة فى شكل ١٥ - ٨ ] والتي نمطك بالوعة حرارية بسيطة على شكل رفص بارر ويمكن أن يستعمل الرفص لربطه مع بالوعة حرارية اكثر .



[ ١ ]



( ب )

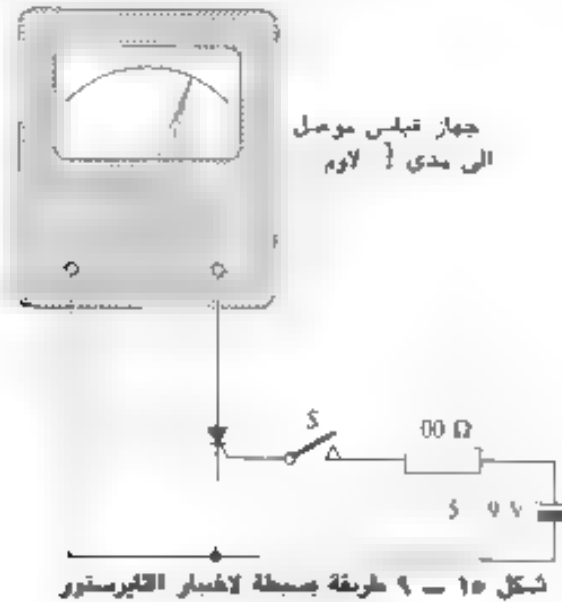
شكل ١٥ - أ نوعان من أنواع تجميعات الثايرستور

وتتخذ كثير من وحدات ثايرستور القدرة المتوسطة والقدرة العالية أشكالاً تماثل ما هو موضح في شكل ١٥ - أ [ ب ] ، حيث يعبر المسار المستخدم لتثبيت الثايرستور مع البالوعة الحرارية هو وصلة الأنود الخارجية . وتصنع توصيلات الكاثود والبوابات من طريق أطراف قليلة للالتصاق . وفي بعض الحالات ، تتبادل توصيلات الأنود والكاثود ، حيث يخصص لتوصيلة الأنود الطرف القابل للالتصاق . كوسيلة للتعرف على أطراف التوصليل [ الإلكترود ] ،



تطبع الرموز الاصطلاحية للدائرة احيانا على واحد من اوجه تغليقة الثايرستور .  
كما هو موضح في الرسم التخطيطي [ ب ] .

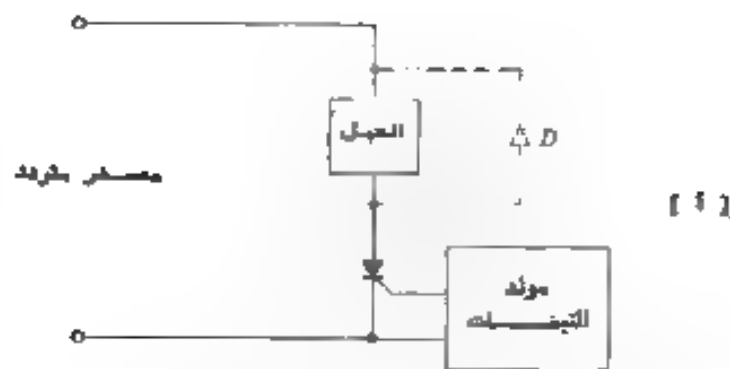
**طريقة بسيطة لاختبار الثايرستور** - نوضح شكل ١٥ - ٩ طريقة بسيطة  
لاختبار الثايرستور باستخدام جهاز قياس متعدد المدى الموصل على مدى  
الامم . وليست معه مقاومة دائرة البوابة قيمتها الموصحة  $100 \Omega$  [ حرجه  
وموصل منفذ مقاومته للحد من التيار وعندما يكون المفاتيح S مفتوحا ، يجب  
ان يظهر المؤشر مقاومة لا نهائية . بعد اغلاق المفاتيح S ، يجب ان تنخفض



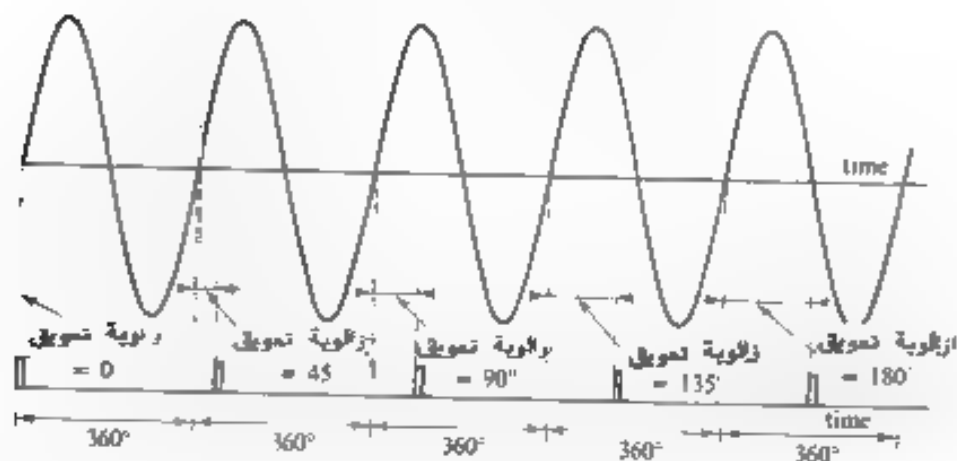
المقاومة المنيبة للمؤشر الى قيمه اقل . تكون عادة  $1000 \Omega$  . اما المقاومة  
بين منطقتي البوابة والكاثود للثايرستور التي سسمها المقياس متعدد المدى  
تقلع عادة حوالي  $50 \Omega$  .

## ١٥ - ٩ الدوائر الاساسية للثايرستور :

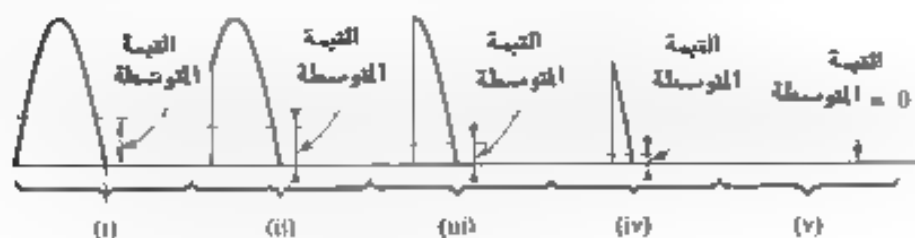
لعل اسهل شكل لدوائر الثايرستور هي دائرة السقف موحه احادية الطور  
في شكل ١٥ - ١٠ [ ١ ] . ومن الممكن ان يتبادل وضعي الثايرستور والحمل  
في بعض الحالات ، لتحقيق ميزة معينة [ انظر ، على سبيل المثال ، الجزء  
١٥ - ١٠ ] . سيعطى السبب لاستخدام الدايود D فيما بعد . وكما سبق  
توضيحه في الجزء ١٥ - ٧ ، فانه من الممكن اطلاق الثايرستور لحالة  
التوصيل عند انه نقطة في انصاف الموحه التي يكون لاتود منها موحا  
بالنسبة الى الكاثود . ويمكن التحكم في النقطة التي يطلق فيها الثايرستور  
بواسطة مولد التنضات .



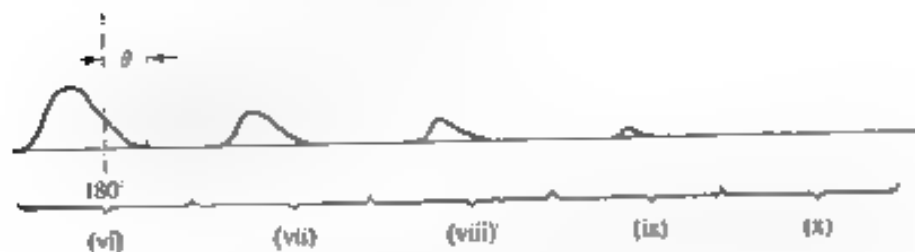
[ ب ] مصدر جهد تيار متردد



[ ج ] نبضات السرعة



[ د ] تيار الحمل [ حل المتلوية ]



[ هـ ] تيار الحمل [ حل المتلوية ]

شكل ١٥ - ١٠ الشكل الموجية لتيار المحرك الكهربائي المتعدد

الموصل إلى النواة ، لاحظ أن مولد السمكت في هذه الدائرة يمكن أن يمتد إلى حد كبير لذلك الذي مدم في الجزء ١٢ - ١١ . ويوضح الرسم المحطبطين د و ه . شكلا موحية بمطية للتيار في حالة حمل المقاومة النحمة وكذا في حالة حمل المحفة على الترتيب . ويوضح مما إلى عمل الدائرة بالنسبة لكلا النوعين من الحمل .

**حمل المقاومة البعثة :** انظر شكل ١٥ - ١٥ د | يوضح شكل ١٥ - ١٥ ب | الشكل الموجي من اسار التردد لحمل دورات كاملة لمصدر الجهد . ويعترض أن التايستور يطلق في كل دورة بواسطة نبضة واحدة . ويعرف زاوية الطور . التي يطلق عندها التايستور بالنسبة إلى بداية الدورة . باسم زاوية التعويق . انظر شكل ١٥ - ١٥ ب . ويساوي زاوية التعويق في الدورة الأولى الصفر ويحدث الإطلاق عند بداية أول نصف دورة موجب | دورة (i) . وذلك منحنى . ما . تايستور مستمر في الموصل خلال باقي النصف الموجب للدورة . وعند نهاية نصف الدورة هذه وعندما ينحصر جهد المصدر إلى الصفر ، فإن قيمة تيار الحمل تهبط إلى ما دون التيار القلبي للنسبة . ثم يرد التايستور معتمد إلى سلوب الاعانة العكسي خلال كل النصف السالب للدورة عندما لا يمر تيار في الحمل . وتكفي القيمة المتوسطة لتيار الحمل خلال الدورة (ii) مثلها في دائرة مقوم نصف الموجة المعتادة موضحة بخط متقطع على الشكل الموجي (ii) .

وتساوي زاوية التعويق في الدورة (ii)  $45^\circ$  . ويعوق التايستور اسباب التيار خلال إلى  $45^\circ$  الأولى من الدورة . يحدث الإطلاق عند  $45^\circ$  ويمر التيار في الحمل لتأتي النصف الموجب للدورة . وتشكل القيمة المتوسطة لتيار الحمل مع المساحة أسفل منحنى التيار خلال الدورة (ii) وحيث أن هذه المساحة تقل عن المساحة تحت منحنى تيار الدورة (i) من القيمة المتوسطة للتيار في الدورة (ii) تقل عن قيمتها في الدورة (i) أي أن . زيادة نسبة زاوية التعويق تؤدي إلى الإقلال من قيمة تيار الحمل . وهناك طريقة أخرى تشير بها إلى زيادة زاوية التعويق وهي أن يقول أن نسبة النواة متطاوله حلقيا اعسرا من بداية الدورة . وعندما يقل زاوية التعويق . يقول أن نسبة النواة متطاوله املما نحو نقطة الصفر . وكما في حالة الدورة (i) لا ينصب السار في النصف السالب للدورة .

وفي الدورة (iii) للرسم المحطبطة | ب | و | د | - تطاور نسبة النواة حلقيا إلى  $90^\circ$  وبدأ التوصيل عند هذه النقطة ويستمر لتأتي نصف الدورة . ويقل القيمة المتوسطة لتيار الحمل أكثر سحبه لهذا السار . وزيادة زاوية التعويق إلى  $135^\circ$  من الرسم المحطبطة | ج | و | د | للدورة (iv) تنخفض القيمة المتوسطة لتيار الحمل إلى قيمة صغيرة جدا . وفي النهاية ، تؤدي المطاورة الحلقية لنسبة النواة بمقدار  $180^\circ$  | انظر الدورة V | إلى عدم إطلاق التايستور نتائج ، حيث المحاولة لوصلة عند قيمة الأود مساوية للصفر وعلى وثك أن يصح سائلا . ويصح القيمة المتوسطة لتيار الحمل في الدورة (V) مساوية للصفر . ومن الممكن أن تطاور نسبة النواة

ظليا بعد 180° ولكن لا يؤثر هذا التشغيل باى شكل على جهد الخرج حيث ان الثايرستور لا ينطلق فى هذه الحالة .

ويوضح الوصف السابق كيف يمكن التحكم فى القيمة المتوسطة بتغير زاوية التعويق لسضات البوابة . يستخدم هذا الفكيك بكثرة فى ترتيبات التحكم فى سرعة المحركات الكهربائية ودرجة حرارة العرب والاضاءة .. الخ . والاسم الذى يعطى لهذه الطريقة لتغير نقطة الانطلاق هو تحكم الطور .

**حمل المحلقة :** انظر شكل [ ١٥ - ١٠ هـ ] عند تسلط جهد على حمل حتى يمل تيار الحمل لا يتزايد الا ببطء فقط عند البداية . ويرجع هذا الى ظاهرة الق.د.ك . المستحثة ذاتيا ( العكسية ) فى الملف . وعلاوة على ذلك ، فانه عند نهاية النصف الموجب للدورة عندما يقل الجهد الى الصفر ، يسمع الق.د.ك العكسية تيار الحمل من ان يتناقص الى الصفر بصفة لحظية . اى ان التيار يظل متسلسا فى الاتجاه الايجابى اثناء الجزء الاول من كل نصفه دورة سالبة من الشكل الموجب لجهد المصدر . ويتناظر ذلك مع حالة ارجاع الملف لجزء من الطاقة به الى نظام المصدر .

ويتزايد التيار ببطء فى الدورة (vi) من شكل ١٥ - ١٠ هـ . وبعد ان يصل الى قيمة للدورة ، يسهل فى النهاية الى الصفر عند زاوية 0 بعد نهاية النصف الموجب للدورة . ويمسى هذا ان الق.د.ك العكسية فى الحمل الحثى قد دفعت الثايرستور الى الاستقرار فى التوصيل بعد نهاية النصف الموجب للدورة . وفى بعض الدوائر ، يستلزم الامر قطع انسياب التيار خلال الثايرستور اثناء كل النصف السالب - للدورة . وفى احدى الطرق البسيطة لتأكيد حدوث ذلك ، يوصل الدايمود D على التوازي مع الحمل ، حيث وصح الدايمود بخط متقطع فى شكل ١٥ - ١٠ [ ا ] ووظيفة الدايمود ( داءد التوحيد ) هى تهيئة مسار بديل لانسياب التيار الحثى عندما يصمم جهد المصدر سالما .

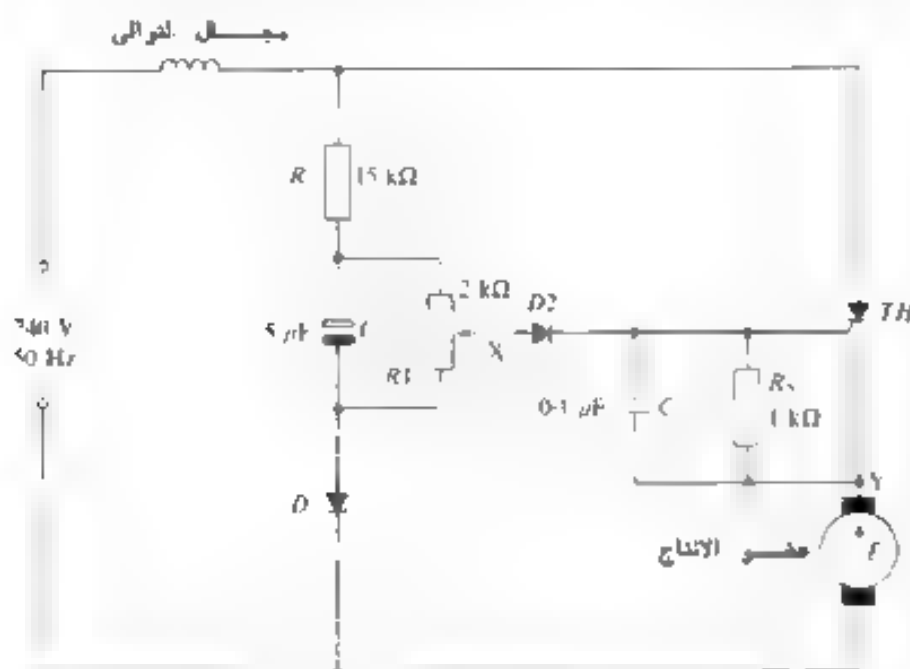
وكما فى حالة المقاومة ، يؤدى التطور الحلقى لسضة البوابة والى تعويق نقطة اطلاق الثايرستور ويقلل القيمة المتوسطة لتيار الحمل [ انظر الاشكال الموجية (vii) الى (ix) فى شكل ١٥ - ١٠ هـ ] . وتنخفض فى النهاية قيمة تيار الحمل الى الصفر عندما تساوى زاوية التعويق 180° .

## ١٥ - ١٠ نظام للتحكم فى سرعة الموتور الجامع :

يوضح شكل ١٥ - ١٠ دائرة تستخدم بكثرة فى المعدات المنزلية للتحكم فى سرعة الموتورات الهامسة . ولقد وجد بالممارسة عتبات لتهيئة تحكم دقيق فى السرعة بالنسبة لنظم التحكم الاسمية للثايرستور من النوع السابق توضحه ، وذلك نتيجة للتغيرات فى الحمل الميكانيكى المسلط على الموتور . ومن ضمن الطرق التى تستخدم للتعليب على هذه الصعوبة توفير

تغذية مرتدة سالبة مع نظام التحكم ويسد هذا في شكل 11 - 11 باحلال موصلي الثايرستور والحمل كل منهما بدل الاخر اذا ما توفرن ذلك مع دائرة شكل 15 - 10 [1]. وهنا يمكن اعتبار حمل عضو الانتاج كما لو كان مقاومه صفة ولا تحتاج الى دايود التوحيد .

ويقوم الدايود  $D_1$  بأداء دور يقوم نصف البوابة الذي يسمح بتسلسلة نبضات ذوات اتجاهات موجبة لأن يظهر عبر مجموعة المقنومات  $R_1$  و  $R_2$  وبالتالي يصبح الجهد عند النقطة  $X$  ، والذي يمكن ان يتمير بصط مطراق المبرن وحده « مرجع اسرعه » المسلط على نظام التحكم . أما وظيفة المكثف  $C_1$  فهي تقديمه انحراف في الطور . بين



شكل 15 - 11 دائرة بفق بوحه التحكم في سرعة المونور الطبع

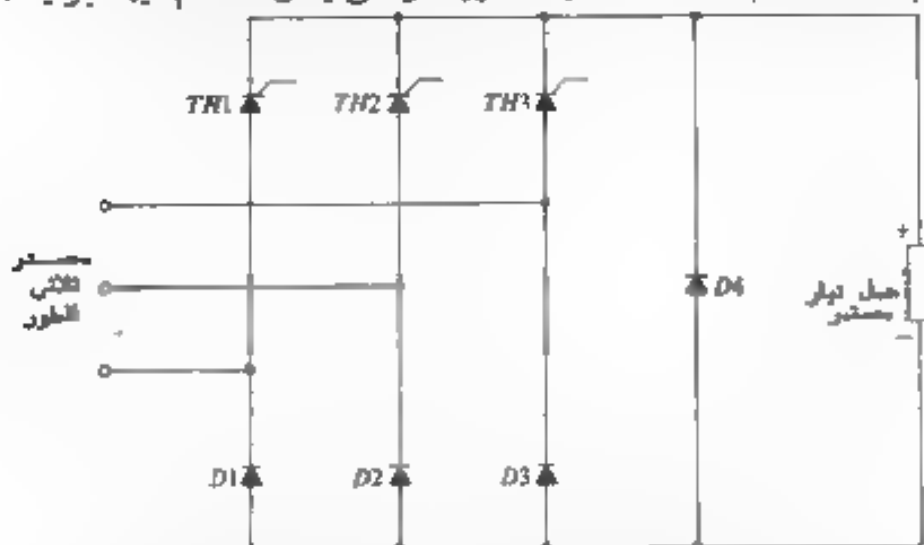
الحهد  $V_x$  ومصدر الحهد ، والسماح لراويه تعويق الاشغال بإمكانية التحكم فيها بنظام من صفر الى  $150^\circ$  . ويعتمد قيمة  $C_1$  المستخدمة على خواص المونور ، وقد تزيد القيمة المحفارة أو تقل عن القيمة الموصحة . اذا أصبح المكثف  $C_1$  صمد برة مفتوحة ، مانه يمكن التحكم في راويه التعويق في المدى من صفر الى  $90^\circ$  فقط ، مما يعني ان الآله لن تعمل بكفاءة عند السرعة المنخفضة .

ويستخدم فرق الحهد بين البعطين  $X$  و  $Y$  لاطلاق الثايرستور . وسأوى الحهد عند النقطة  $Y$  بالمعرب قيمة السق .دك « المكسبة » لمصو الانتاج والتي تتناسب بالمالي مع سرعة دوران عضو الانتاج . وهكذا كلما ازداد حهد  $X$  عن حهد  $Y$  بطلق الثايرستور لحاله من التوصل تسلط

القدرة الى الموتور . ويؤدي تحريك معزلق الفرق الى أعلى [ اتجاه  $R_1$  ] الى انخفاض قيمة زاوية التعميق ، مما يؤدي الى دوران عصى انتاج الموتور بسرعة أكثر هذا وتضمن المكومات  $R_2$  و  $R_3$  لنقطى تحكما منتظما في السرعة في حالات السرعة المنخفضة عندما تكون زاوية التعميق كبيرة .

## ١٥ - ١١ دائرة قنطرية ثلاثية الطور يمكن التحكم فيها :

يعبر متقوم القنطرة ثلاثى الطور والموضح في شكل ١٥ - ١٢ دائرة متحدة في كثير من المنشآت الصناعية . وتختلف هذه الدائرة عن متقوم القنطرة التي لا يراد التحكم فيها والتي سبق ان وضحت في الفصل الثامن ، في أن وحدات الثايرستور قد حلت محل وحدات الداىود الثلاثة العلوية . وحيث أن نصف المسار من الدائرة عبارة عن وحدات ثايرستور ، فإنها تعرف باسم دائرة المتقوم القنطري ثلاثية الطور ، والتي يمكن التحكم فيها جريئاً .



شكل ١٥ - ١٢ المتقوم القنطري ثلاثى الطور الذى يمكن التحكم فيه بـ ثايرستور

تعرف دوائر المتقوم القنطري التي تسعمل وحدات الثايرستور الشاملة بدوائر المغير القنطري والتي يمكن التحكم فيها بالكامل . وتختلف النضات المسطرة على الموابات  $TH1$  و  $TH2$  و  $TH3$  وفي الطور كل منها عن الأخرى بزاوية قدرها  $120^\circ$  وللتحكم في القيمة المتوسطة لحود الخرج من الدائرة ، تنظم كل مضت الموابات لكي تكون إما خلفيه التطور أو ألبية التطور في نفس الوقت .

منصبا يوصل  $TH1$  يعود التيار الى المجموعة خلال وحدات الداىود  $D2$  و  $D3$  وعندما يوصل  $TH2$  فإن التيار يعود خلال  $D1$  و  $D3$  . الخ . علما بأن الداىود  $D4$  عبارة عن داىود توحيد ويستخدم للأحمال الحثية فقط .

وكما في حالة دوائر قنطرة الداىود في الفصل الثامن ، فإنه يجب وقاية وحدات الثايرستور من الجهود والتفارات العابرة . وعندما توجد في الدائرة ، يمكن وقايتها بالمصهرات من المواد شبه الموصلة ذات السرعة المرتفعة وكذلك

بالمصهرات عالية السعة المقسمة (R, T, C) . وعلاوة على ذلك فإن وحدات الثايرستور تكون أكثر عرضة لل تلف بالجهود العابرة من أى وحدات الدايمود ثنائية الوصلات . ومن إحدى الطرق المستخدمة لوقاية الثايرستور توصل شبكة مكونة من R و C على التوازي مع الثايرستور ، كما هو موضح فى شكل ١٥ - ١٢ .

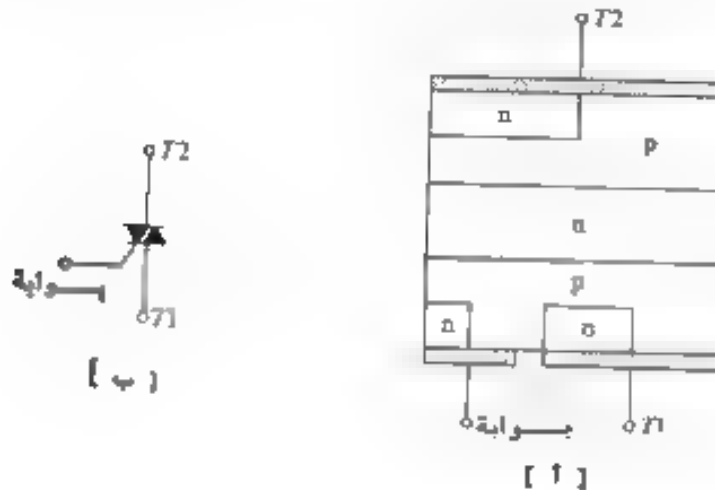


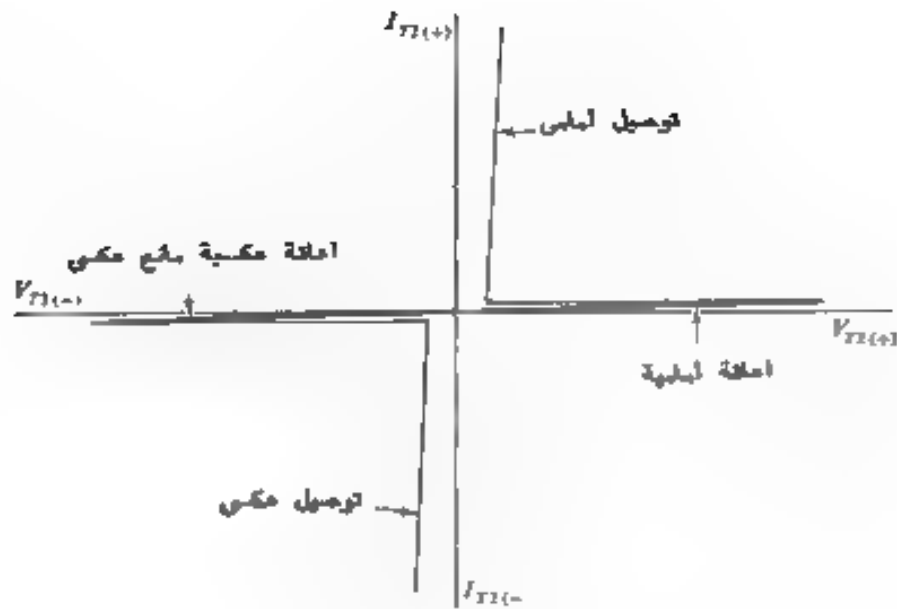
شكل ١٥ - ١٢ وثيقة الثايرستور

وتتخذ المقاومة R والمكثف C فى الدائرة قيمًا شائعة مقدارهما  $10\Omega$  و  $0.01\mu F$  على التوالي . وتحقق المكثفات R و C اعراضاً أخرى تشمل [ أ ] تهيئه توزيع جهد منتظم بين وحدات الثايرستور عندما تتحيز عكسياً . و [ ب ] تهدئة أية تذبذبات قد تحدث بين محالة المصدر والسعة الدائرية لوحدة الثايرستور . وعلاوة على ذلك ، وفى حالة ارتفاع محالة الحمل ، يصبح معدل تغير تيار الحمل عند الوصل (ON) بطيئاً نسبياً ، وفى مثل هذه الحالات ، وفى حالة عدم وجود المكثف C والمقاومة R ، قد يعجز الثايرستور « ليصل » إلى حالة التوصيل عند الوقت الذى تهبط فيه تضاة البوابة إلى الصفر . عند توصيل المقاومة R والمكثف C على التوازي مع الثايرستور ، تؤدي تضاة الانطلاق إلى تضريع المكثف C خلال الثايرستور ، ينتج عن هذا التيار إسقاط كل ثايرستور فى منطقة التوصيل .

## ١٥ - ١٢ الثايرستور ثنائى الاتجاه أو الترياك :

الترياك هو نظية من مادة شبه موصلة متعددة الطبقات ، ويوضح شكل ١٥ - ١٤ [ أ ] قطاع مبسط لها . ويمس كل من الرسم التخطيطى [ ب ] و [ ج ] الرمز الاصطلاحي للدائرة ، وخواص النظية على الترتيب .





[ ٤ ]

شكل ١٥ - ١٦ التراكيب وخواصها

للترايك ثلاثة اطراف هي  $T1$  و  $T2$  والكثود البوابة . وحيث أن التراكيب يستطيع أن يوصل في كلا الاتجاهين فإنه لا يمكن اعتبار أحد الطرفين الاملسين [  $T1$  و  $T2$  ] على أنه أنود القطيعة . ويمكن أن يعمل التراكيب أما على الاسلوب العائق أو على اسلوب التوصيل لكل من قس الطرف  $T2$  كما هو موضح في الخواص المبينة في شكل ١٥ - ٤ [ ج ] . وعلاوة على ذلك ، يمكن أن يطلق للتراكيب للتوصيل بواسطة اشارة البوابة التي إما أن تكون موجبة وسالبة القطبية . وعلى وجه العموم ، يحتاج التراكيب الى تيار بوابة ذي قيمة اكبر من تلك التي يحياها الفابرسفور لكي يطلق الى حالة التوصيل .

#### طريقة بسيطة لاختيار التراكيب :

من الممكن أن تستخدم الطريقة الموصحة في الجزء ١٥ - ٨ [ انظر أيضا شكل ١٥ - ٩ ] لاختيار وحدات الفابرسفور كذلك لاختيار وحدات التراكيب . وحيث أنه من الممكن اطلاق التراكيب بأي من قطبية الجهد المسلط فإن قطبية اشارة البوابة وكذلك توصيلات التراكيب الى المقاييس المتعدد الذي لن تؤثر على نتيجة الاختيار . وتعلم قيمة المقاومة بين البوابة والطرف  $T1$  كما يوضحها المقاييس ، في المادة حوالى بضعة مئات من وحدات الاوم .



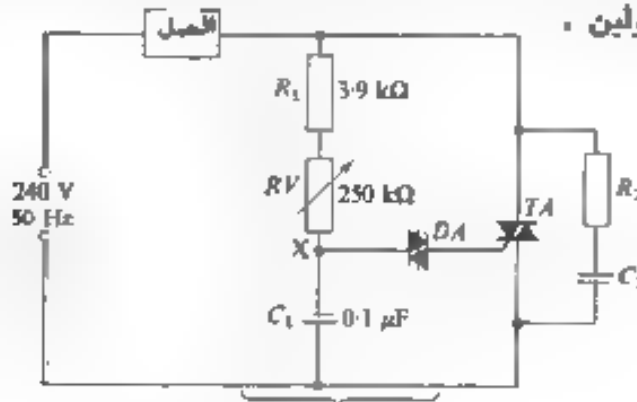
## ١٥ - ١٣ دائرة الترياك أحادية الطور

يوضح شكل ١٥ - ١٥ [ ١ ] دائرة ترياك أحادية الطور يمكن أن تستخدم للتحكم في انسياب التيار المتردد في حمل ما ، ونعتبر هذه الدائرة أساساً لطرق كثيرة للتحكم في الاضاءة . ويمكن التحكم في قيمة ج.م.م تيار الحمل بواسطة مولد النصف الذي يتضمن الدايك DA ، والذي تم شرح طريقة تشغيله في الجزء ١٣ - ١١ من الفصل الثالث عشر . وفي هذه الحالة ، يسلط حدود تيار متردد على دائرة التوقيت [ المكونة من  $R_1$  و  $RV$  و  $C_1$  ] بحيث تكون قطبيه النقطة X موجهة في النصف الموجب لدورة الشكل الموجي للبصير وسالبة في النصف السالب للدورة . وكنتيجة لذلك ، تتخذ قطبية تغطية موام الترياك قطبية متبادلة بين الموجبة والسالبة لجميع انصاف الدورات المعينه من الشكل الموجي للمصدر [ انظر شكل ١٥ - ١٥ ( ج ) ] .

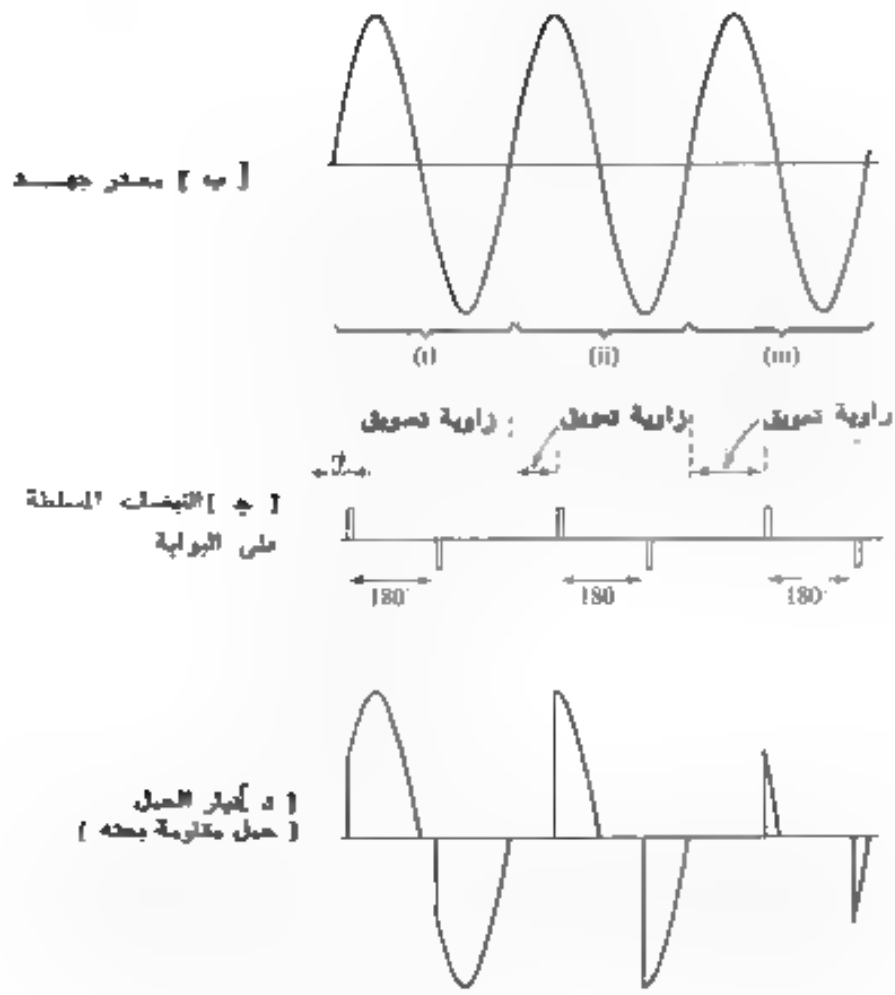
وتتعرض وحدات الترياك لانطلاق خاطيء نتيجة جهود عابرة ويمكن وقايتها ضد هذا التأثير بواسطة شبكة مكونة من مقاومة ومكثف  $R_2$   $C_2$  . تقلل هذه الشبكة من معدل ارتفاع الجهد بين طرفي الترياك الى قيمة مقبولة . وتعرف هذه الدائرة الاضافية المكونة من R و C بدائرة المصدر [ المتصلة للمصبات ] .

وفي الدورة (i) لشكل ١٥ - ١٥ [ ب ] يشغل الترياك للتوصيل عند نقطه مكررة في كل من نصفى الدورة وينتد الشكل الموجي للخرج [ الرسم التخطيطي د ] شكلاً مقارباً للشكل الموجي وفي الدورة (ii) من نفس الشكل ترددات قبه  $RV$  بحيث تصبح زاوية التعميص في كل من نصفى الدورة مساوية لـ  $90^\circ$  . وتقل قيمة ج.م.م تيار الحمل للشكل الموجي (ii) من قبه ج.م.م للبوحة (i) . وتؤدي زيادة زاوية التعميص [ انظر الدورة (ii) ] الى الانخفاض من قيمة ج.م.م تيار الحمل .

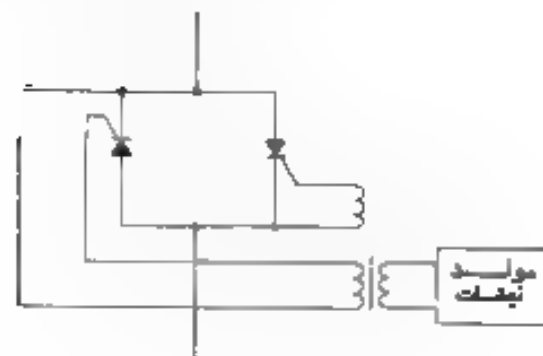
ومن الممكن التوصل الى تحكم مماثل لما وضح سابقاً باستخدام وحدتي ثايرستور موملنين على التوالي وبجيت يعاكس كل منهما الآخر كما هو موضح في شكل ١٥ - ١٦ . ويستخدم مولد نبضات واحد لاطلاق وحدتي الثايرستور حيث تمد البوابة بالنبضات عن طريق مولد نبضات دي ملفين ثابوتين معزولين .



دائرة توقيت ومولد نبضات



شكل ١٥ - دائرة اسبعية [ اصفية الطور للترابك ]

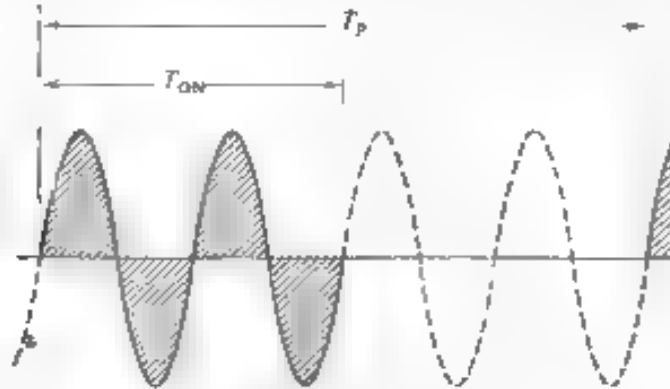


شكل ١٥ - ١٦ وهدنى ثايرستور جوصكين على التوازي وجماعيتين

## ١٥ - ١٤ التحكم في تفجير الاشعال

من احدى عيوب طرق التحكم الطوري السابق توصفها ان التعير السريع للحدد والقتار تتبعه لوصول الثايرستور (ON) عند منتصف الدورة يمكن ان يولد تداخلات لفرقات اللاسلكى .

ومن الممكن استخدام طريقه اخرى بديلة معروفة باسم تفجير الاشعال ( تعرف ايضا باسم الاشعال ، عند نقطه الصفر واسم الاشعال عند جهد المصدر واسم اشعال الدورة الكامله ) في بعض الحالات للتعليق على هذه المسئلة . وفي هذه الطريقه من التحكم ، تطلق وحدات الثايرستور او الترياك الى التوصليل عند بداية الدورة أى عندما يكون جهد المصدر يساوى الصفر ، وتستمر في حالة التوصليل لعدد من انصاف دورات الشكل الموحى لجهد المصدر . وبعد هذه الفترة من التشغيل ، يسمح بايقاف وحدات الثايرستور (OFF) ويستمر الحفاظ على حالتها من الاعاقه لصعفه انصاف دورات اخرى . وعندما يستمر تكرار تتابع الوقائع سالفه الفكر . وعندئذ ، تعتمد القيمة الفعالة للحمل على ذلك الجزء من التتابع الذى يسمح الثايرستور عنده في حالة توصليل . وعلى سبيل المثال ، توجد ثمان انصاف دورات التتابع الكامل المبينة في شكل ١٥ - ١٧ .



شكل ١٥ - ١٧ التحكم في تفجير الاشعال

فإذا كان الزمن الذى توصل فيه وحدات الثايرستور هو  $T_{ON}$  ، فلي قيمة ج.م.م جهد الحمل  $V_O$  تكون :

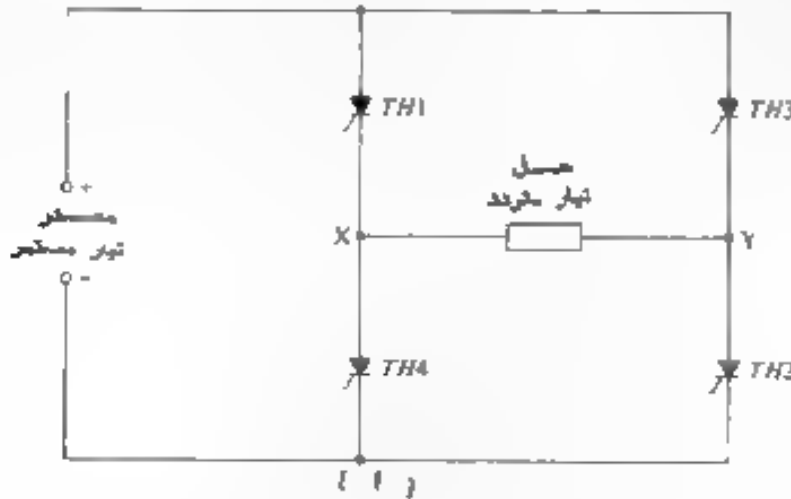
$$V_O = V_s \sqrt{\left(\frac{T_{ON}}{T_P}\right)} = V_s \sqrt{\frac{4}{8}} = 0.707 V_s$$

حيث  $V_s$  هي قيمة ج.م.م جهد المصدر و  $T_P$  هي الزمن الدورى للتتابع الكامل .

هذا وبتلاتم التحكم في تفجير الاشعال جيدا مع الاحمال ذات الثابت الزمنى الطويل نسبيا ، مثل التحكم في الامران . ومع ذلك ، فهي لا تتلائم مع تطبيقات اخرى مثل التحكم في الاصااة والتحكم في سرعة الحرك الكهربائى ، حيث ان الحمل الدفعى للقدرة يحدث تغيرات ملحوظة في الخرج .

## ١٥ - وحدات الثايرستور العاكسة

العاكس هو دائرة تحول قدرة تيار مستمر الى قدرة تيار متردد ، وتعتبر الدائرة القطرية في شكل ١٥ - ١٨ [ ١ ] مثلا على ذلك . وتعمل الدائرة كما يلي



TH2, TH1 TH4, TH3  
في حالة توصيل في حالة توصيل  
[ ب ]

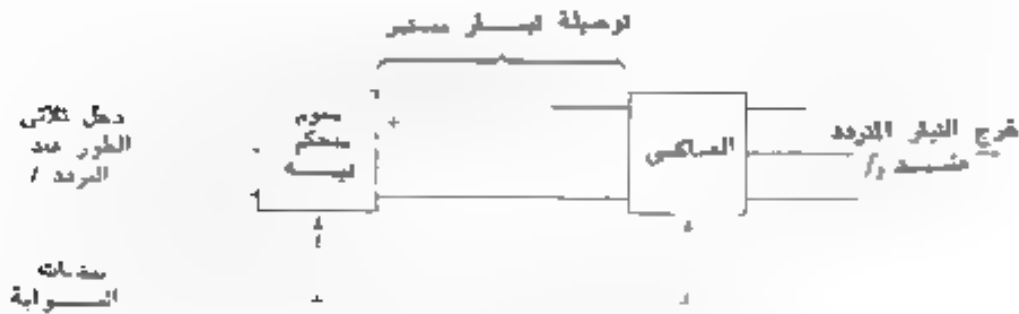
شكل ١٥ - ١٨ دائرة قطرية عاكسة للعاكس

وتدار ارجاج الثايرستور المتقاطعة قطريا الى حالة التوصيل بالتتابع .  
ففي اول الامر توصل وحدتا الثايرستور TH1 و TH2 (ON) في آن واحد وفي نفس الوقت تكون كل من TH3 و TH4 في حالة قطع . وانشاء هذه الفترة من التشغيل يسحب التيار خلال الحمل من X الى Y . وعند الزمن  $t_1$  [ الرسم ب ] ينفع التيار بالعكس خلال TH1 و TH2 الى قيمة الصفر قبل ان يطلق كل من TH3 و TH4 الى حالة التوصيل . وللتسيط حفظت تقاسيل دائرة توحيد التيار . وعندما يصبح كل من TH3 و TH4 في حالة التوصيل ، ينعكس اتجاه التسيب التيار خلال الحمل . وعند الزمن  $t_2$  [ الرسم ب ] ، يدمع التيار العكس خلال TH3 و TH4 الى قيمة الصفر ، ويوصل كل من TH1 و TH2 (ON) مرة اخرى . ويصبح الشكل الموحى للحمء بين طرفى الحمل عبارة عن موجة مربعة كما هو موضح في الشكل ١٥ - ١٨ [ ب ] ، حيث لا يؤدي مظهرها الى تأثيرات سلبية ظاهرة على الاحمال الصناعية كالموتور الحثى مثلا .

ويمكن الحصول على خرج ذي شكل موجي جيبي متعديل دائرة العاكس  
و نستخدم العواكس من هذا النوع بكثرة كمصادر قدرة احتياطية نستخدم في  
حاله حدوث عطل في مصدر القدرة . مالمالكس يهيء مصدرا للقدرة للوحدات  
الصناعية الاساسية تستمر عادة من البطاريات .

## ١٥ - ١٦ محولات [ متغيرات ] التردد

نستخدم محولات التردد من المنشآت الصناعية لمهيئة القدرة لحركات  
الادارة الكهربائية بسرعات مختلفة . ففي محول التواصل للتيار المستمر  
في شكل ١٥ - ١٩ . نوجد توصيلة تيار مستمر يقوم ثايرستور متحكم فيه  
وعاكسي



شكل ١٥ - ١٩ فكرة محول التردد التواصل للتيار المستمر .

وهنا يعطى المقوم المتحكم فيه مصدرا متغيرا لجهد التيار المستمر والذي  
يسلط على العاكس . ويؤدي وصل وحدات الثايرستور في المحول ON و  
OFF . سعادات متغيرة ولكن يمكن التحكم فيها ، الى توليد خرج تيار  
متغير بترددات متغيرة بواسطة المحول . ويمكن الحصول على خرج جيبي  
متعديل دائرة العاكس .

## الفصل السادس عشر

### معدات الاختبار

تختلف أنواع الاختبارات التي نحري بالنسبة للدوائر الإلكترونية قليلا جدا عن تلك التي تتعلق بالدوائر الكهربائية بصرف النظر عن مقدار الكميات المتضمنة . أى أن كلا المهندسين الإلكتروني والكهربائي يهتمان بقياسات الجهد والتيار والمقاومة والمحث والسعة والتردد ... إلخ . وفى هذا العمل - سنتناول الأنواع الرئيسة من معدات الاختبار - مع الإشارة فى نفس الوقت إلى ما يجد من استخداماتها .

#### ١٦ - ١ المعدات المطلوبة فوق منصة الاختبار

لعل أكثر أجهزة المنصة أهمية هو مقياس متعدد المدى لكلا الفئتين المتردد والمستمع صالح لقياس التيار والجهد والمقاومة ( يعرف باسم الـ AVO ) \*  
\* AVO

نادرا ما يتواجد فوق منصة التشغيل سوى جهاز واحد ، من أنسب نوع على وجه الإطلاق هو جهاز قياس ذو الملف المتحرك . ونهى الأجهزة المرونة بطريقه رقمه للعرض عرضا واضحا ودقيقا ، لكن دوائرها معقدة ، وتتطلب خدمات أحد السبيليين ممن هم على درجة عالية من المهارة فى حالات الصيانة أو التصليح .

بالإضافة إلى جهاز الملف المتحرك المتعدد المدى والملفوف ، فإن الفولتميتر الإلكتروني - معه مقياس بملف متحرك [ ذو معايرة للدخل المرتفعة القيمة ، يعتبر واحدا من الموجودات القيمة .

وتأتى مرسمة أشعة الكاثود للتبديلات (CRO) ، على درجة عظيمة فى ترتيب الأهمية ، حيث من الممكن أن تستخدم لتأدية الأشكال الموجية ، بالإضافة إلى إمكانية استعمالها كجهاز للقياسات . فمستخدام هذه المرسمة، يمكن قياس كميات مثل الجهد مع الفترة الزمنية وطريقته مباشرة وعند الاستعانة بمعدات أخرى مع هذه المرسمة على الإمكان القياس بقياس التيار والمقاومة وكميات أخرى .

\* هذا هو الاسم الشائع فى اللغة العربية من رأى المترجم وهو يختلف عن VOM الاسم الذى الذى نكره المؤلف .

وان اصابه اذى مبدءه مومن مصدرة التشعيل ليمثل فى متذبذبات الترددات السمعية او مولد الاشارات والقادر على توليد موجات حسنة وبوحث مرصه فى ذلك المدى من الترددات الذى يبدأ من حوالى 10 Hz وسهوى 100 k Hz او اكثر .

لكى . يمكن القيام ببعض الاختبارات السعطة ، فى بعض الحالات ، باستخدام المقاس متعدد المدى .

ومن احوال اختيار المعداد او صيانتها ، على مصدر القدرة المحرك معتبر واحدا من الموحودات الهامة اللازمة . ومن الممكن ان يكون هذا المصدر اى شىء ابتداء من صندوق مصممة بطاريات حانه الى مصدر قدرة مستقر ومزود بامتقنيات للتوقيه فى حالة زيادة التيار وزيادة الجهد .

ولا يسمى ان نطو مصدرة التشعيل من سوسمة اجهزة واحدة منها متاديق المقاومات والمكثبات الانداليه تحوى على معلومت ومكثبات بقيم حيث يمكن انتقاء المقاومات بواسطة معانيخ . ومن الممكن استخدام هذه الصلطق فى حالة تصميم دوائر جديدة بالاصانة الى امكانية استخدامها كدائل مؤقنه لوحداث باليه وعلاوة على ذلك ، يحتاج مهندسى الخدمة الى كاويسى لحام واحد منها مصممة للنسب لاشغال الدوائر المتكامله المدسه ( يمكن ) ومرتبات . وحدات ثرع الاسلاك ، قواطع معانيخ ربط من النوع المنوح والنوع المقبول ، وكذلك معانيخ الراومه المدسه allen keys

غادا ما انتصفت ورشة اكثر شمولاً ، فيتمنى ان تتضمن اجهزة اختبار بالصمايات والترانزستور ، مرسومات المحنى بالترانزستور ، اجهزة قياس التردد الرقمية وكذلك العدادات وساعات التوقيت .

## ١٦ - ٢ أجهزة قياس الملف المتحرك متعددة المدى

نظرا لان المقاومات فى كثير من الدوائر الالكترونيه محد قياها عاليه جدا ، تعادل فى الغالب عدداً من آلاف من وحدات الاوم او حتى مصعة ملايين من وحدات الاوم ، فل مستويات قيم التيار المصممة تصمح بمحقضة فى الواقع على الوجه ومن الامصل ، ان يعطى اى جهاز متعدد المدى ، يستخدم لقياس التيار فى هذه الدوائر ، بالضرورة ، انحرافاً عبر كل المقاس ( F.S.d ) لمدى التيار المستمر الاكثر حساسية وبتيار قدره 50  $\mu A$  لو اقل . ويبلغ مقدار المقاومة المقاسة بين طرفى جهاز شائع من مثل هذا النوع ب قيمة 2500  $\Omega$  بالنسبة لمدى التيار 50  $\mu A$  مما يعطى فرق جهد عبر الجهاز مقداره 0.125 V فى حالة الانحراف عبر كل المقاس . ومن الممكن ان يشكل مثل هذا النوع من المقاس الاساسى الذى يعمل عليه جهازاً متعدد المدى لكلا التيارين المتردد والمستمر . وسيوصف فيما يلى طريقة استخدام الجهاز لقياس القيم المختلفة للتيار والجهد والمقاومة .

**مبدى قياسات التيار :** لنفترض انه من المطلوب تحويل جهاز يعطى انحرافاً عبر كل المقاس عند مرور تيار قدره 50  $\mu A$  الى مقاس

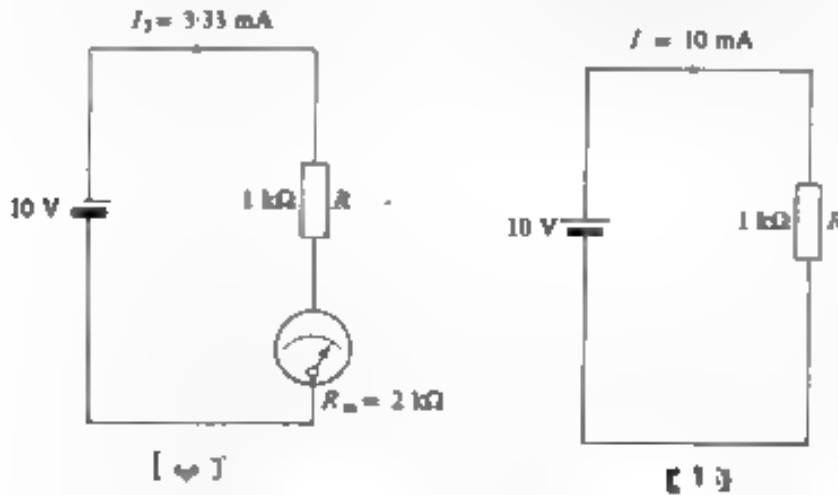
يعطى انحرافا عبر كل القياس عند مرور تيار قدره  $1\text{ A}$  من الممكن الاستعانة  
بشكل ١٦ - ١ لتوضيح الطريقة التي تتبع لتحقيق هذا العرض .



شكل ( ١٦ - ١ ) في مدى تيار جهز الملف المتحرك

فلهذا العرض يتم توصيل  $R_m$  على التوازي مع المقياس بحيث يمر الجزء  
الاكبر من التيار خلال المحرى . وفي الحقيقة ، تلعب قيمة التيار المار  
بالمحري ما مقداره  $0.99995\text{ A}$  بينما يمر تيار قدره  $50\text{ μA}$  فقط خلال الملف  
المتحرك داخل المقياس . ومن الممكن استخدام تيار قيمته  $50\text{ μA}$  خلال الملف  
المتحرك ، فيما يتعلق بأجهزة القياس البخارية ، ليتمكن قياس تيارات تتراوح  
قيمتها بين  $50\text{ μA}$  الى مئسة وحدات من الأمبير . ومن الواضح ، أن قيمة  
مقاومة المحرى أقل مقدارا من قيمة مقاومة ملف القياس المتحرك ، كما  
وإن قيمه معامل المقاومة مع درجة الحرارة ينبغي أن تتحدد ماثل قيمة صغيرة  
حدا من أجل الحفاظ على درجة دقة الجهاز عبر مدى واسع لتغير درجة  
الحرارة .

وينبغي أن تتحدد الاحتياطات عند قياس قيمة التيار في الدوائر الإلكترونية  
والا قد يعبر مقاومة المقياس نفسه من قيمة تيار الدائرة كما يتضح في  
شكل ١٦ - ٢ امريش أن التيار المار في الدائرة ١٦ - ٢ (١) هو المراد  
قياسه . القيمة الفعلية لهذا التيار هي



شكل ١٦ - ٢ وضع يمكن أن يؤدي إلى الخطأ عند قياس تيار في دائرة إلكترونية  
الحقيقية التيار المار في الدائرة تكون



$$I_1 = \frac{V}{R} = \frac{10 \text{ V}}{1 \times 10^3 \Omega} = 10^{-2} \text{ A or } 10 \text{ mA}$$

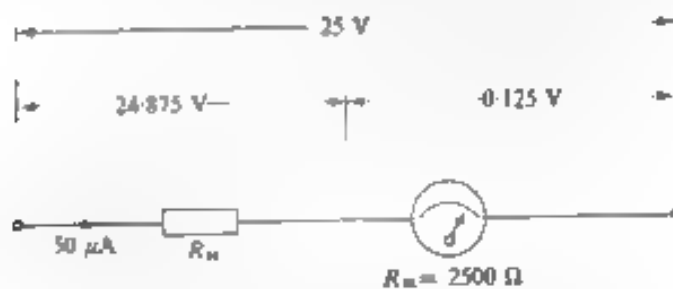
ماذا كان هناك جهاز واحد فقط متاح ذو مقاومة داخلية قدرها  $2 \text{ k}\Omega$  فإن التيار الذي يشير إليه المقاس ، عندما يتم توصيله مع الدائرة ( أنظر شكل ١٦ - ٢ ) بـ [ يكون

$$I_2 = \frac{10 \text{ V}}{R + R_{in}} = \frac{10}{3 \times 10^3} = 3.33 \times 10^{-3} \text{ A or } 3.33 \text{ mA}$$

حيث  $R_{in}$  هي مقاومة الملف المتحرك بالجهاز ، وتصبح القيمة التي يشير إليها الجهاز أقل بمقدار 67% من القيمة الصحيحة .

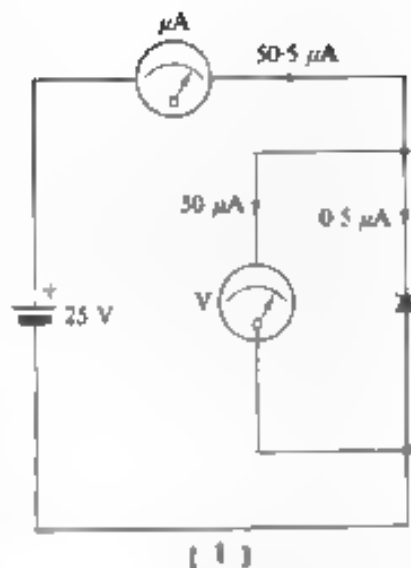
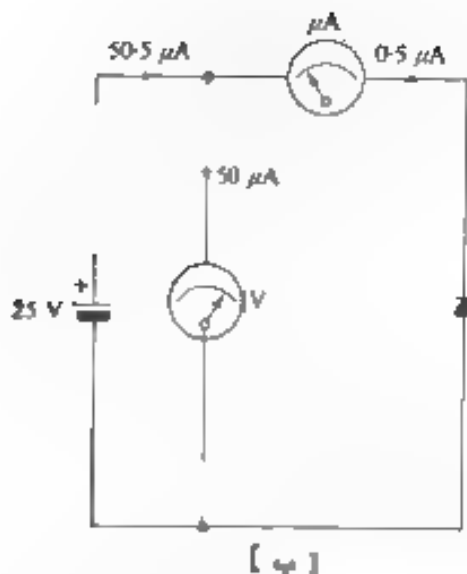
ولكن لا يؤثر الأميتر أو الميكرواميتر في أحوال الدائرة، يسمى بـ نقل مقاومته مكتسب جدا عن مقاومته باقى أجزاء الدائرة، ومن المثل الموصح عاليه. غير الا ان لا يكون مقاومة الاميتر المستخدم ، قد اتحدت قيمة أكبر من حوالى  $10 \Omega$  .  
مدي قياسات الجهد ، لنفترض أنه من المطلوب تحويل المقاس بتيار  $50 \mu\text{A}$  .  
الى موليمتر — لانحراف عبر كل المقاس قيمه  $25 \text{ V}$  . ويوضح شكل ١٦ - ٢ الأسس الذي تنس عليه هذه الدائرة ، أو توصل المقومه الهبوطية  $R_{in}$  على التوالي مع المقاس بحيث يصبح فرق الجهد عبر  $R_{in}$  يساوي لـ [ فرق الجهد عبر المقاس — 25 فولت .

فإذا كان فرق الجهد عبر الجهاز يساوي  $0.125 \text{ V}$  عند الانحراف عبر كل المقاس . فإن فرق جهد الجهد عبر  $R_{in}$  يساوي  $24.875 \text{ V}$  عند مرور تيار مقداره  $50 \mu\text{A}$  ، بمعنى أن قيمة  $R_{in}$  تكون  $497500 \Omega = 24.875.50 \times 10^6$  وباستخدام قيم مختلفة ومتعددة للمقاومة  $R_{in}$  ، يمكن انشاء فولتميتر معددي المدي .



شكل ١٦ - ٢ دائرة تستخدم لتحويل مقياس تيار الى فولتميتر .

وبالرغم من أن الفولتميتر الذي سبق عرضه لا يتطلب سوى تيار قيمه  $50 \mu\text{A}$  لكي يعطى انحرافا عبر كل المدي ، فإن الاستخدام الخاطئ للجهاز قد يعطى نتائج مضللة في بعض الدوائر . فمثلا ، إذا استندت الدائرة الموضحة في شكل ١٦ - ٢ [ ١ ] لتحديد قيمة تيار التسرب من الدايود فلنأخذ نتحصل على نتائج غير صحيحة نظرا لأن الميكرواميتر يقرأ مجموع تيار التسرب من الدايود وتيار الفولتميتر . ويمكن الحصول على نتيجة دقيقة .



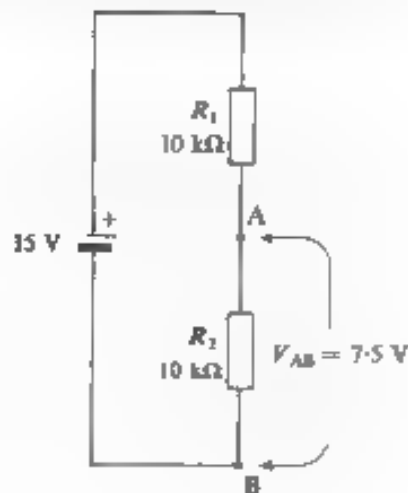
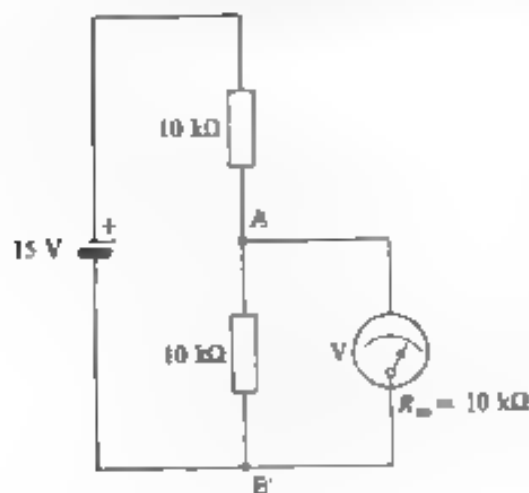
شكل ١٦ - ( ا ) من الممكن أن تؤدي الدائرة [ ا ] لأخطاء في القراءات عند تعديل قيم مقاومة التيار متر في دائرة الكارونية .

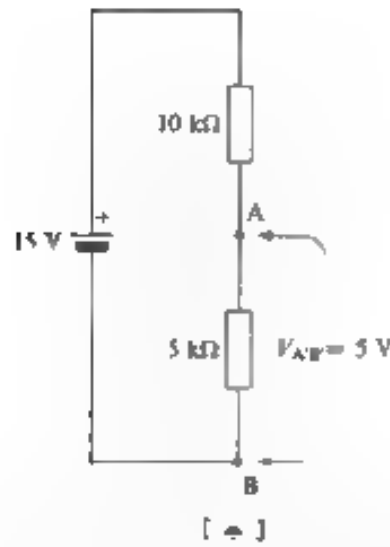
بتعديل الدائرة لتصبح كما لو صممت في شكل ١٦ - [ ب ] حيث يمر تيار العرسيب للدايود بالنسبة لهذه الدائرة خلال الميكرو أميتر .

ويوضح شكل ١٦ - ب وضعا يؤدي الى اخطاء في قراءات الجهد في بعض الحالات في شكل ١٦ - ب [ ا ] ، يكون الجهد بين نقطة A ونقطة B

$$V_{AB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times 15V = \frac{10}{20} \times 15 = 7.5V$$

ولنفترض انه قد اتخذت محاولة لقياس هذا الجهد بواسطة فولتميتر بمقاومة داخلية مقدارها  $10k\Omega$  ، كما هو موضح بشكل ١٦ - ب [ ب ] . في هذه الحالة ، يقلل الفولتميتر من القيمة الفعلية لمقاومة الدائرة بين





شكل ١٦ - ٥ إمكانية حدوث الخطأ عند قراءات الفولتميتر باستخدام مولتيتر بمقاومة داخلية أقل كثيراً من اللازم .

المقطعين A و B من الشكل ١٦ - ٥ [ ب ] إلى 5 kΩ والموضحة في الشكل ١٦ - ٥ [ ج ] ، وتعطى قيمة الجهد  $V_{AB}$  التي يشير إليها الفولتميتر هكذا .

$$V_{AB} = \frac{5}{5 + 10} \times 15 = 5 \text{ V}$$

ولكن يعطى الفولتميتر ناتجا صحيحا لقيمة الجهد ، يبقى أن تزيد مقاومته الداخلية كثيرا جدا عن المقاومة التي يقاس الجهد بين طرفيها . نحن الآن نصل في الحالة الموضحة بالشكل ١٦ - ٥ [ أ ] ، أن تزيد مقاومة المولسيبر الداخلية ، بالضرورة ، عن مائة ضعف قيمة المقاومة المقاسة بين نقطتي A و B ، أي أن المقاومة الداخلية يتعين أن تعادل 1 MΩ أو أكثر هذا وينبغي استخدام مولتيتر الكتروني ، كلما أمكن ذلك ، حيث أن مقاومته الداخلية ذات قيمة مرتفعة للغاية .

وتعنى قيمة مقاومة الجهاز الفعلية ، دائما وأبدا ، بوحدات الأوم بالنسبة إلى وحدات الفولت عن الانحراف عبر كل المقياس . وتمثل هذه القيمة المطلوب قيمة التيار اللازم لكي يسبب انحرافا عبر كل المقياس . وهكذا ، يوصف مقياس مللي متحرك ذو تيار قدره 50 μA ، وكان له 20 000 Ω/V للملف المتحرك ، حيث

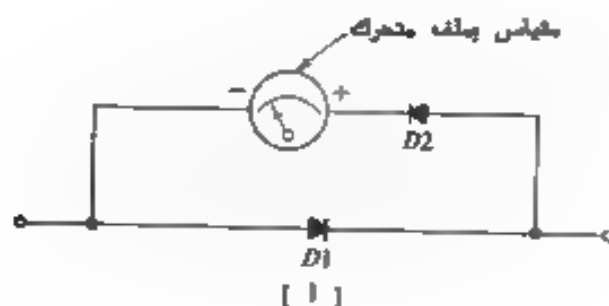
$$\frac{1}{50 \mu A} = \frac{1}{50 \times 10^{-6}} = 20\,000 \Omega/V$$

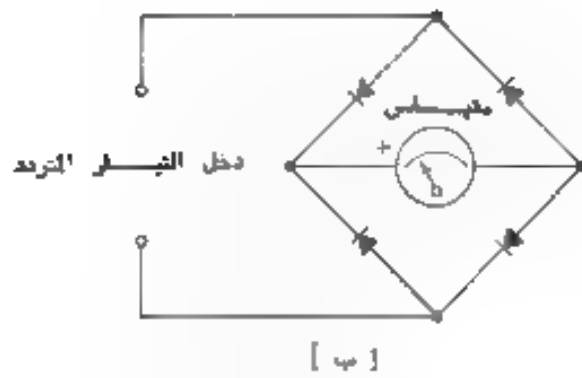
وعندما يستخدم مع مدى للجهد قدره  $25\text{ V}$  عند الانحراف عبر كل المقياس فإن مقاومة الجهاز تعادل  $500\,000\ \Omega = 25 \times 20\,000$  وأن جهازاً من هذا الطراز يعتبر مناسباً لأغراض القياس الأساسية ، ولكن تحت القيود الموضحة عليه .

**مدى قياس التيار المتردد :** تستخدم الأجهزة التي تقيس التيارين المتردد والمسيطر على الدوام ، مجموعة الملف المتحرك مع مقوم [ أ ] للموجة النصفية أو للموجة الكاملة [ ب ] . وقد أسس تدريج التيار المتردد للمقياس بفترض الشكل الموجي للآشارة المراد قياسها تتخذ شكلاً حبيبياً . فإذا لم يكن هذا هو الحال ، أصبحت القراءات خاطئة .

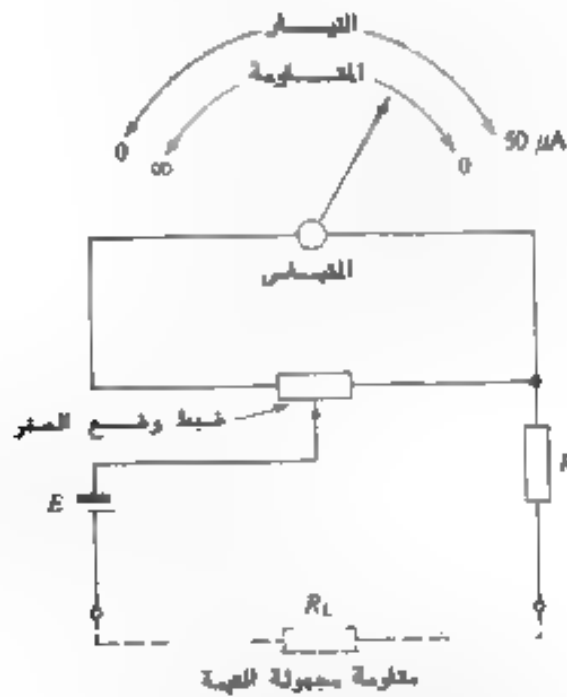
يوضح شكل ١٦ - ٦ [ أ ] دائرة موجة نصفية تستخدم في صور شتى لأجهزة صغيرة متعددة المدى تصلح لكلا القيلوين المتردد والمسيطر . وفي هذه الدائرة ، يقوم الدايود  $D1$  بتفويت المقياس خلال نصف دورة من موجة التيار المتردد ، لكن التيار يمر في المقياس خلال النصف الآخر من الدورة عن طريق  $D2$  . ويوضح شكل ١٦ - ٦ [ ب ] دائرة مقوم للموجة الكاملة . وعالياً ما تتم معايرة الأجهزة متعددة المدى لتستخدم مع  $50\text{ Hz}$  إلا أنه من الممكن استخدام أنواع جيدة من هذه الأجهزة لمدى الترددات التي تبدأ من  $15\text{ Hz}$  إلى  $15\text{ KHz}$  .

**مدى قياسات المقاومة :** من الممكن قياس قيمة المقاومة المجهولة بتحديد مقدار التيار المار بالمقاومة إذا ما تم توصيلها لمصدر جهد . ويوضح شكل ١٦ - ٧ فكرة عمل كثير من دوائر الأوميتر . فبيان حرف الصفر  $0$  بالة الانطيريه فوق تدريج الأوم للجهاز تمشي مع تلك الحالة التي يمر بها تيار يعطى انحرافاً عبر كل المقياس . ويتم ضغط وضع صفر الجهاز بإحداث قصر عبر طرفي الاختبار للجهاز مع ضغط منزلق مقياس الجهد  $RV$  حتى يظهر المؤشر انحرافاً عبر كل المقياس أي يشير إلى الصفر فوق تدريج الأوم [ أ ] . فإذا ما تم توصيل مقاومة مجهولة  $R_x$  لطرفي اختبار الجهاز فإن قيمة المقاومة تظهر فوق مقياس مدرج بقيم المقاومات .





شكل ١٦ - ٦ ثولية بسيطة لدائرة مقوم موجة نصفية [ ب ] دائرة موجة كاملة .



**مقاييس الاختيار متعددة المدى :** المقياس المنمد هو جهاز اختبار متعدد الاستعمال ، بحيث يسمح بقياس مدى واسع من القيم للتيار والجهد والمقاومة . وتتم هذه العمليات في العادة عند زوج من أطراف الجهاز ، حيث يوصع المقياس طبقا للكيفيات المختلفة بواسطة مفتاح فوق غطاء الجهاز .

ويبلغ طول مقياس الجهاز من النوع الحبد حوالي 125 ملليمتر ، ويتضمن

المقياس مرآة لميكس مستخدم الجهاز من محو القراءات الحسنة نتيجة اختلاف المنظر وقد تكون حدود المدى الشائعة هي

الجهد [ لليارين المردد والمستم] —  $1000\text{ V}$  و  $300\text{ V}$  و  $100\text{ V}$  و  $30\text{ V}$  و  $10\text{ V}$  و  $3\text{ V}$  و  $1\text{ V}$  .  
التيار [ تيار مستمر ]  $10\text{ A}$  و  $1\text{ A}$  و  $100\text{ mA}$  و  $10\text{ mA}$  و  $1\text{ mA}$  و  $300\text{ }\mu\text{A}$  و  $50\text{ }\mu\text{A}$  .

التيار [ تيار متردد ] —  $10\text{ A}$  و  $1\text{ A}$  و  $100\text{ mA}$  .

المقاومة — ثلاثة حدود للهدى  $0-20\text{ M}\Omega$  و  $0-0.2\text{ M}\Omega$  و  $0-2\text{ k}\Omega$  [ المدى المعتاد أو مدى « اوم » (ohms) ] هو المدى  $0-0.2\text{ M}\Omega$  .

ويمكن مد حدود المدى الموضحة عليه بواسطة مصاعفات ومحركات ومحولات تيار .

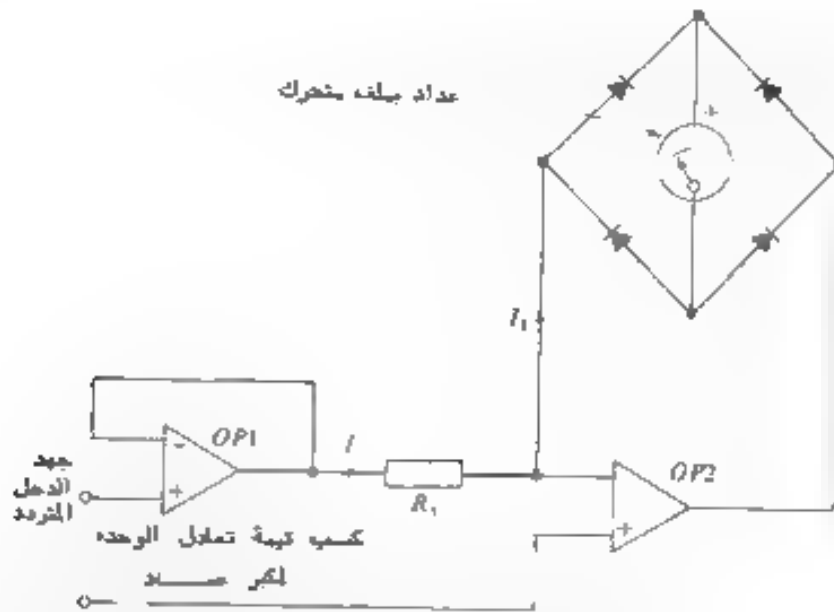
وتوصل البطارية الداخلية بحيث يحدد الطرف بالعلامة "+" نقطة سالبة، ويحدد الطرف بالعلامة "-" قطبيه موجبة ، وذلك اذا وصل الجهاز طبقا لمدى اوم ، ففي حالة توصيل مقاومة بين طرفي الجهاز تكفل هذه القطبيت مرور التيار داخل الطرف "+" من الجهاز ليكفل بدوره انحراف المؤشر في الاتجاه الصحيح . وعند التوصيل لمدى « اوم » فان قيمة المقاومة الداخلية للجهاز يشيع استعماله من النوع الحد تلمح حوالي  $2\text{ k}\Omega$  سببا تلغ ثبية الجهد الطرعى عند فتح الدائرة حوالي  $1.6\text{ V}$  .

## ١٦ — ٣ أجهزة الفولتميتر الالكترونية

عند احد القياسات في الدوائر الالكترونية ، فلي للوع التقليدي من الاحهره متعددة المدى عيوب متعددة منها الاستحالة الرقعية المحدودة وصغر قيمة مقاومتها الداخلة نسبيا . كما وان الاحهزة متعددة المدى غير صالحة وعلى وجه العموم ، لقياس قيم الجهد الصغيرة هذا .

وتتلخص احهزة الفولتميتر الالكترونية ، والتي تحتوي مكبرات ، من الصغوراء الموصحة عاليه اذ يبلغ مرضي نطاقها عادة بضعة ملايين من الهرتر ومن الممكن ان تصل قيمة المقاومة الداخلية الى  $10\text{ M}\Omega$  او أكثر . ولعظم احهزة الفولتميتر الالكترونية المستحدمة في الاعراض العامة حدود للمدى ابتداء من  $1\text{ mV}$  عند الانحراف عبر كل المقياس الى  $500\text{ V}$  عند الانحراف عبر كل المقياس ، بالنسبة لكل جهاز . ويتم تدريج مقاييس التيار المتردد لهذه الاحهزة على اساس اداء القياسات لوحات حبيبة فادا لم يكن هذا هو الحال ، تصبح القراءات عبر دفقة . ويبد انه في حالة الاحهزة المعقدة التركيب ، قراءة الـ ح.م.م الحقيقية ، يمكن الحصول على قراءة ح.م.م حقيقية في حالة الاشكال الموجية اللاهبيه .

ويوضح شكل ١٦ - ٨ فكرة عمل واحد من أشكال العولميتر الإلكتروني والذي يستخدم اثنين من المكبرات التشغيلية ، ويتم توصيل OP 1 مهينة



شكل ١٦ - ٨ أساس عمل واحد أشكال العولميتر الإلكتروني ذي مقاومة الدخل المرتفعة

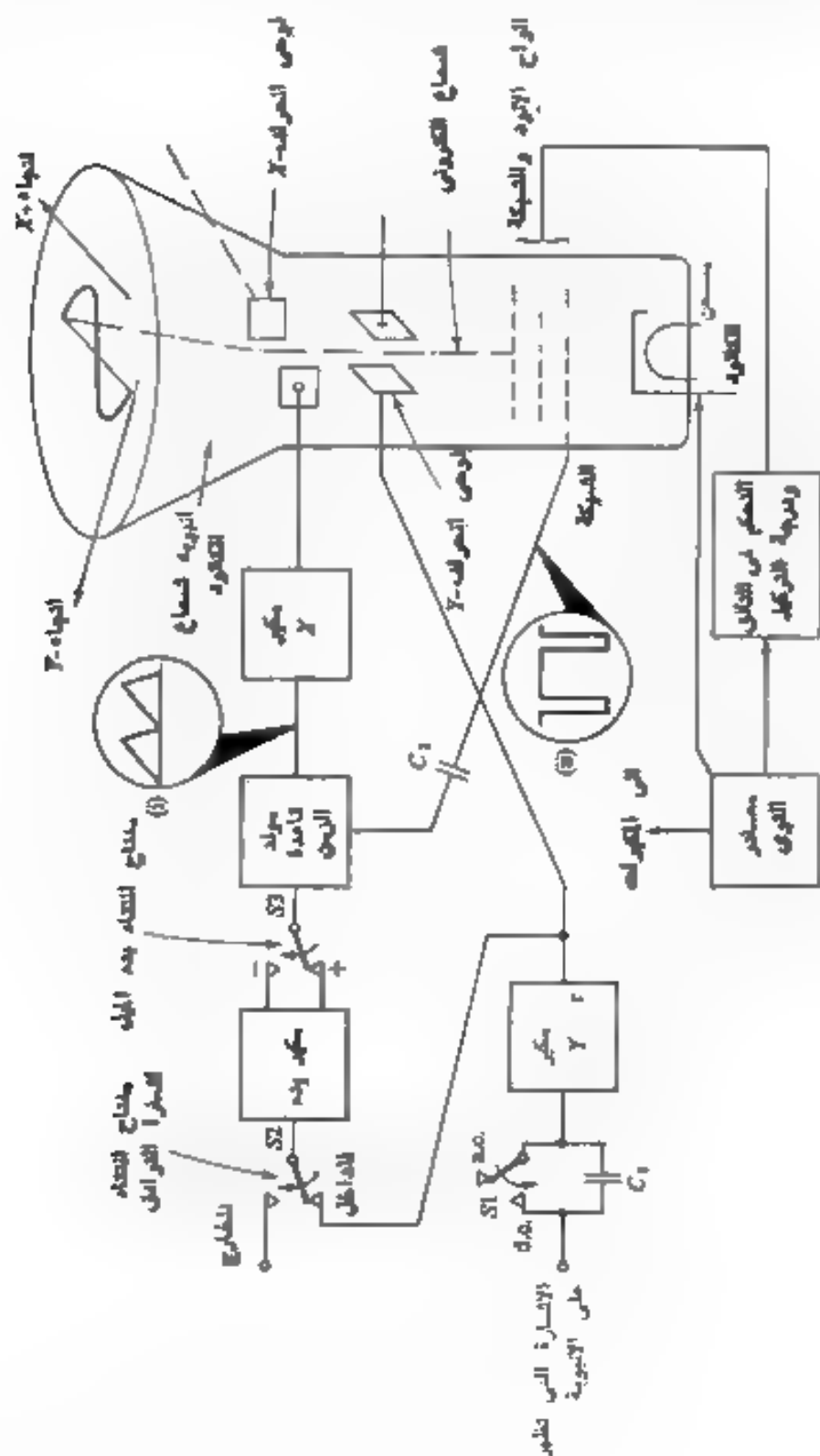
تأمن جهدي . لمعطي كسب جهد تطلع قيمته الوحدة مع معاوقة دخل لها قيمة عالية جداً . ويمثل المكبر OP2 قلب الجهاز الناقل ، والمبرّد  $I_1$  ، والذي يمر من  $R_1$  . يمر أيضاً خلال المقياس بملف المتحرك . تصعد قياس كميات تتعلّق بالتيار المستمر ، واد كانت قيمة  $R_1$  تعادل  $10\text{ k}\Omega$  ، فإن تيار المقياس يصبح  $0.1\text{ mA}$  لكل وحدة مولت مسطرة عند الدخل . وعند قياس كميات تدعى بالتيار المتردد . يسمى مقياس قيمه  $R$  ليصبح  $9\text{ k}\Omega$  حتى تعطي ميه متوسطة لتيار المقياس تعادل  $0.1\text{ mA}$  لكل وحدة فولت ج.م.م مسطّصة عند الدخل . ومن الواضح أن قيمة  $R_1$  قد عبرت حتى يمكن أحد عامل الشكل للموحة الحسية في الاعتبار .

## ١٦ - ٤ مرسومات أشعة الكاثود للتنبّهات

يمثل أنبوبة أشعة الكاثود قلب الجهاز الناس حيث يؤدي شعاع من الإلكترونات إلى ظهور نقطة مصبغة فوق ثلاثة الأنوية الضوئية (أنظر شكل ١٦ - ٩) . وعن طريق التحكم في حركة النقطة في كل من اتجاهي  $X$  ،  $Y$  أي أفقياً ورأسياً على التوالي ، يمكن رسم الأشكال الموحدة فوق وجه الأنبوبة .

ويتم توصيل الإشارة المراد عرضها لمكبر  $Y$  عن طريق المناسج  $S_1$  في شكل ١٦ - ٩ . وفي الوضع الموضح ، تنقل الإشارة خلال المكثف  $C_1$

والذى يقوم بدور المكثف عائق التيار المستمر ، بحيث لا يسلط الى المسكبر سوى مكونات التيار المتردد من الإشارة . فعندما ما أريد التحقق من إشارة مزلفة من التيارين المتردد والمستمر ،



شكل ١٦ - رسم لطيفتين لمرحلة مرسمة الحزمة للتيار المتردد للتيار المتردد

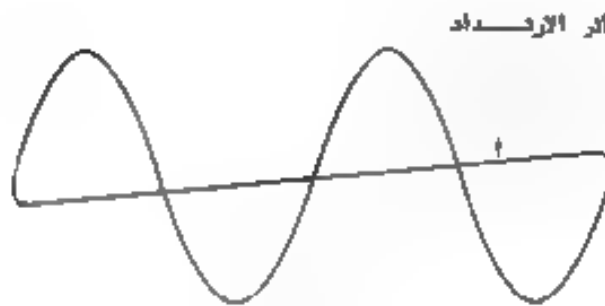


يتم توصيل  $S_1$  للوضع  $de$  عند تسليط الإشارة المؤلفة الى المكبر .  
ويسلط الخارج من المكبر  $Y_0$  الى لوحى انحراف  $Y_0$  ، مما يؤدي الى  
انحراف الشعاع الإلكتروني بالانسيابية في الاتجاه  $Y_0$  بمقدار يتناسب مع  
شدة الجهد المسلط بين اللوحين . ويتم أيضا تسليط الخارج من هذا المكبر  
على دائرة قاعدة الرن من طريق مكبر مدء دى وظلف سيتم سردها فيما يلي:

ويتولى جزء الجهاز الحاص بقاعدة الزمن توليد عدد من الاشكال الموجية  
لن أهمها هو الشكل الموجي لقاعدة الزمن والذي يمثل في موجة سن  
المنشار المضمنة في القطعة (i) شكل ١٦ - ٩ . وتستخرج هذه الموجة  
لتسبب انحرافا للشعاع الإلكتروني داخل الأنبوبة في اتجاه  $X$  ويتولى جزء  
الجهاز الخاص بقاعدة الزمن بالاضافة ، توليد الموجة النبضية المضمنة في  
القطعة (ii) شكل ١٦ - ٩ ، حيث يتم تسليطها على شبكة الأنبوبة عبر  $C_2$   
وتعرف الموجة النبضية أيضا ، باسم الموجة النبضية المسحة ، والفرص  
منها الاقلال من تاللق القطعة المضمنة فوق الشاشة الى درجة الصفر في الفترة  
بين نهاية كل مسح في اتجاه  $X$  وبداية المسح التالي . وتسمح هذه الخاصية  
للمشاهد أن يرى موجة الدخل فقط معروضة فوق الشاشة . ويوضح جزء  
الشكل ١٦ - ١٠ [ أ ] ، [ ب ] عرضين مألوفين بإجراء عملية مسح وبدون  
إجراء أي مسح على التوالي .



( ١٣ )



( ب )

شكل ١٦ - ١٠ عرض الاشكال الموجية [ أ ] مع تسليط نبضات المسح ، [ ب ] بدون  
تسليط نبضات المسح .

ويتم التحكم في المعدل الذي تسمح به النقطة المضيئة شاشة الإنبوبة عن طريق تغيير ميل الشكل الموجي لقاعدة الزمن . فكلما زاد الميل .

كلما زادت سرعة مسح النقطة المضيئة عبر الشاشة . ويتم التحكم في ميل الشكل الموجي لقاعدة الزمن بدوره ، بواسطة دائرة مقلومة ومكثف ، حيث يتاح بضبط لها فوق واجهة الجهاز [ انظر شكل ١٦ - ١١ ] .

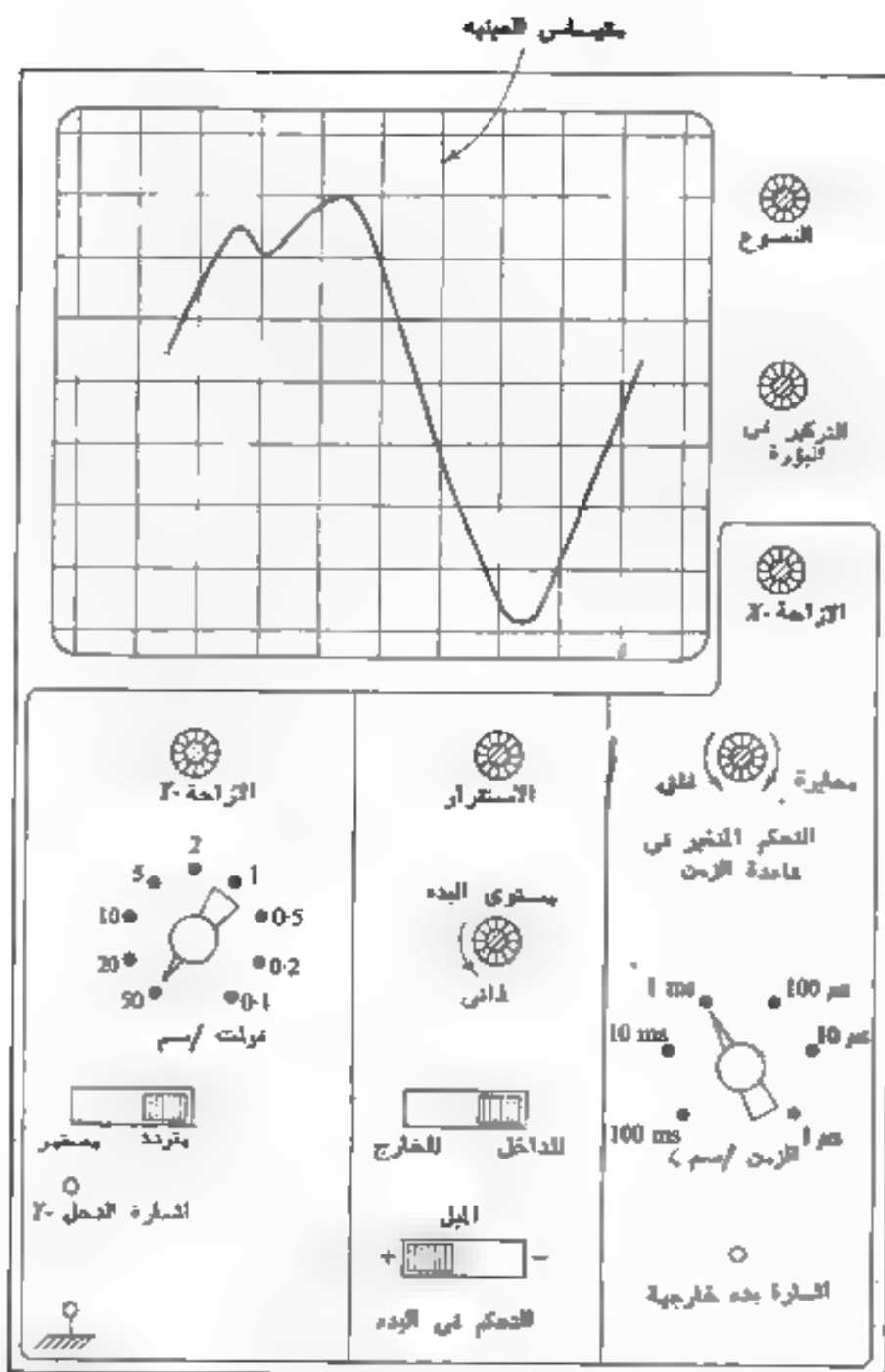
وفي أثناء معالجة الاشكال الموجية ، فمن المناسب دفع قاعدة الزمن لانبدا عملية المسح عندما يصبح معدل السعير موجب الإشارة . ويوجد مفتاح [ S3 في شكل ١٦ - ٩ ] لمعظم مرشحات التذبذبات يسمح تنفيذ هذا الانتقاء . وقد يكون بدء تشغيل قاعدة الزمن عندما يكون ميل الإشارة الواردة سالبا ، ومن الممكن انتقاء هذا البدء بواسطة نفس المفتاح . ويقع هذا المفتاح أسفل لوحة التحكم الوسطى في شكل ١٦ - ١١ ، وقد وضعت عنده علامتي + و - ، « - » لتشير الى ميل الموجة المعروضة عند لحظة بدء عملية مسح قاعدة الزمن . وحيث أن المفتاح في شكل ١٦ - ١١ هو عند الوضع « + » ، فإن الاثر المعروض يبدأ عند معدل موجب .

غالبا ما يتطلب الأمر أن يتزامن العرض فوق الشاشة مع الإشارة المراد مشاهدتها - وتوجد بعض الحالات التي يسمح من المرغوب فيه بدء الشكل الموجي لقاعدة الزمن من مصدر اشارات منفصل . وقد رُوِد في شكل ١٦ - ١٠ ما يسمح بتحقيق هذا الوضع بواسطة المفتاح . إذ انه يسمح بتحويل مهمة التحكم في دائرة قاعدة الزمن إما الى الإشارة الواردة أو الى إشارة أخرى خارجية .

ويوضح شكل ١٦ - ١١ الواحه الإلمانية لنوع مألوف لرسمات التذبذبات وللمعظم مرسمات أشعة الكاثود للتذبذبات بقياس مخرج [ يعرف باسم مقياس العبية ] ويندوز فوق شاشة بلاستيك شفافة في مقدمة ثنوبية أشعة الكاثود [ الشاشة ] . ويسمح هذا باستخدام مرسم أشعة الكاثود لتنفيذات كجهاز للقياسات. وتتعلق المضابط في أسفل يسار الواجهة بالمكبر Y وتحتوي مفتاحا للتيارين المتردد والمتغير [ S1 في شكل ١٦ - ٩ ] ، مع مضبط للكسب - Y [ تحت علامة Volts/CM ] وضبط الزهزجة - Y . والفرض من مفتاح VOLTS/CM هو تعبير كسب جهد المكبر - Y حتى يمكن متابعة الاشارات الصغيرة أو الكبيرة المقدار . وفي الوضع المبين 50 V/cm [ يمكن التحقق من جهد بين القمطين مقداره

$$50 \text{ V/cm} \times 8 \text{ cm} = 400 \text{ V}$$

ويسمح هذا بالتحقق من الشكل الموجي لجهد المصدر 220 V ج.م.م يصبح الجهد بين القمطين في هذه الحالة  $679 \text{ V} = 240 \times 2/2$  . [ فإذا انبر مفتاح الـ VOLTS/CM الى وضعه الـ 0.1 ، فإن هذا يؤدي الى انحراف - Y كل مقدار 1 cm عند إشارة 100 mV بين القمطين . ويستطيع مشغل الجهاز أن يزحزح كل الاثر إما الى أعلى أو الى أسفل في الاتجاه - Y بواسطة المضبط - Y المتغير .



شكل ١٦ - ١١ الواجهة الامامية لرسمية ظيغيات مكالوفة بخرقة عرجة واحدة .

ونسبح المضطرب المتغيرة تحت الكلمات **TRIGGER LEVEL**, **STABILITY** عدد منتصف الواحدة ، لاسفل الجهاز أن ينقل نقطة البدء للموجة المعروضة. وعند الاستخدام العادي ، يدار مضطرب الـ **Trigger level** الى وضع **AUTO** ، وفي هذا الوضع ، يمكن التحكم في البدء بضبط وضع مفتاح انتقاء بدء الميل [ بين علامتي « + » ، « - » ] .

ويحتوي الواجهة اليمنى من مرسمة اشعة الكاثود للتحديدات مضبوط قاعدة الرمز شامله VARIABLE CONTROL ومفتاح Time/cm . وتكون تدريجات قاعدة الرمز عند مفتاح Time/cm صحيحة فقط في حالة ادارة الـ VARIABLE CONTROL الى وضع Calibrate الحساس بها . ماذا تم ضبط الـ Time/cm الى 1ms وادبر مضبط Variable Calibrate .

على دورة واحدة من اشارته بتردد 10 Hz تكاد تكفي لشغل 10 cm نقط في الاتجاه الامتي ( او X ) . ويسمح الـ X-shift المتغير لشغل الجهاز ان يرحل كل الاثر اما الى اليسار او اليمين - فوق الشاشة وفي بعض الاستخدامات ، يصبح من الضروري قفل مولد قاعدة الرمز . وقد أصبح مفتاح في الـ Time base Variable Control لهذا الغرض .

ولتكمله وصف المضبط ، قد انحب مضبط BRIGHTNESS والـ FOCUS في اعلى واجهه الجهاز . وتسمح هذه المضبط بتحقيق الامراض المذكورة . اي انها تسمح لشغل الجهاز . تغيير سطوح ودرجة التركيز على التوالي ، للنقطة المضيئة ، [او الاثر] فوق الشاشة . وفي معظم الاحيرة قليلة التكلفة ، يؤثر كل من هذين المضطين في بعضهما البعض بحيث يؤدي زياده السطوع الى تقليل درجة التركيز . وتطلب الامر ضبط كلا المضطين في نفس الوقت للحصول على اثر حاد وبالوميض الصحيح .

## ١٦ - ٥ استخدام مرسمة التنبؤات كجهاز للقياسات

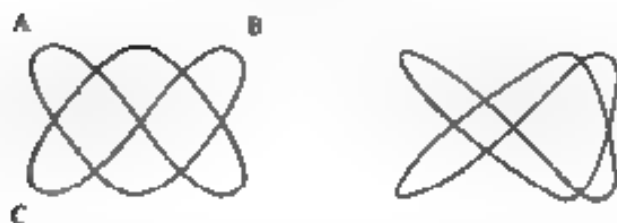
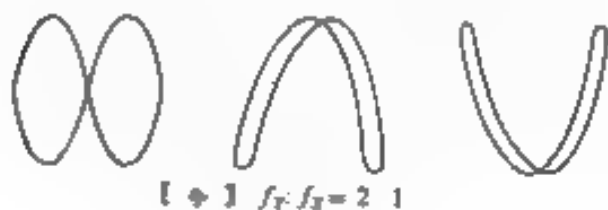
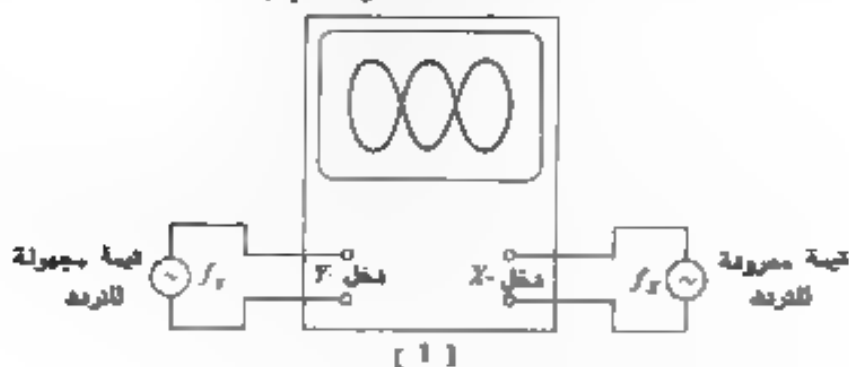
ان اكثر استخدامات مرسومات التنبؤات على وجه الاطلاق هو للمتابعة العامة للاشكال اموجية في الدوائر . وعادة يلزم عرض نطاق مرسمة اشعة الكاثود للتنبؤات قليلة الكلمة حوال 10 MHz - 2 ، ويعبر هذا كانيا لسد احتمالات معظم مستخدمى الجهاز .

وعندما يستخدم لقياس الفترات الزمنية ، يصبح من الضروري لولا ان يتم معايرة قاعدة الرمز باستخدام مصدر ترددات معلومة . ولكن من الاحيرة بالداخل مصدر اشارة سبق معايرته بكل دقة . ماذا لم يكن هذا هو الحال ، فان مصدر تلمعه التيار المتردد يعتبر على درجة معقولة من الدقة بحيث يمكن استخدامه كاشارة معايرة . فلذا كان تردد المسح 50 Hz ، ومع ضبط مفتاح الـ Time/cm عند 10 ms/cm فمن اللازم ان تظهر خمس دورات كاملة لشكل مصدر الجهد الموجى في عرض فترة 10 cm من المقياس المعين .

ومن الممكن تحديد تردد اشارة موجية بنوعية الجهاز لكى يولد لشكالا للاثر تعرف باسم اشكال ليساخوس . ومراحل هذا تقفل قاعدة الرمز ويتم توصيل التردد المجهول لدخل - Y من مرسمة التنبؤات ( انظر شكل

١٦ - ١٢ [ ١ ] . ويتم توصيل مخيط ثان معروف التردد ، الى لوحى  $X$  من مرسمة اشعة الكاثود للتجديبات ، كما هو موضح بالشكل . ويعتمد الاثر الناتج فوق الشاشة على النسبة بين الترددين وكذلك على علاقات الطور بينهما . فعندما كانت النسبة بين الترددين  $f_Y$  و  $f_X$  تساوى ١ : ١ [ انظر شكل ١٦ - ١٢ ب ] فان الشكل المرسوم فوق الشاشة يصبح خطا مستقيما او قطعاً ناقصاً او دائرة . ويعتمد ظهور أى شكل من هذه الاشكال على قيمتى الاشارتين النسبية وعلى زاوية الطور بينهما . وتحتض نسبة تردد مقدارها ١ : ٢ مهادج شكل [ ج ] ، وتحتض سببه تردد ٢ : ٨ المهادج المبينة فى شكل [ د ] .

مرسمة اشعة الكاثود للتجديبات



شكل ١٦ - ١٢ [ ١ ] شكل دائرة مستخدم للحصول على الشكل ليسيوجس ، [ ب ] ، [ د ] و [ هـ ] توضح التوافق بترددات المرسومى

ونحدد النسبة بين قيمتي هذين الترددين من الشكل المعروض كما يلي :

[ انظر شكل ١٦ - ١٢ د ] .

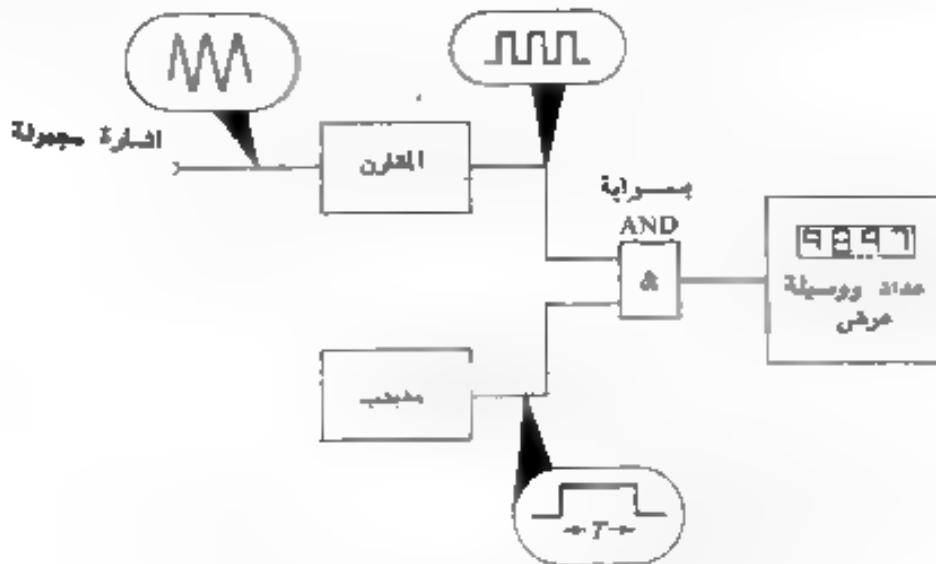
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{\text{عدد الحلقات بين A و B}}{\text{عدد الحلقات بين A و C}}$$

ومن النادر أن يكون شكل الاثر مستقرا لأي من الرسم ، حيث أن زاوية الطور بين الاشارتين معير مبطل . ففي حالة نسبة مقدارها 1 : 1 بين الترددين ، قد يتغير الشكل ببطء من الخط المستقيم في يسار شكل [ ب ] الى شكل قاطع ناقص ثم الى اشكال دائرية حتى يصل الى شكل الخط المستقيم الموضح في يمين الشكل . وقد يعود بعدئذ ببطء لاشكلها الاصل .

## ١٦ - ٦ الأجهزة الرقمية لقياسات التردد والزمن

بالرغم من إمكانية قياس التردد ومنزلة الزمن باستخدام مرسمة اشعة الكاثود للتدوينات ، فإن دقة القياسات تعتبر محدودة . فكلها تطلب الامر قياسات على درجة عالية من الدقة لهذه الكميات ، فمن المعتاد استخدام الأجهزة الرقمية .

وبوضح شكل ١٦ - ١٣ فكرة عمل مقياس التردد الرقمي . فمقياس قيمه التردد المحولة ، يحول الشكل الموجي أولا الى مجموعة من النبضات بواسطة المنصر المقارن في الدائرة . إذ يسمح بدخول لبضات الخارجة من المقارن الى



شكل ١٦ - ١٢ ، بيان أجهز لقياس التردد

دخل العداد عن طريق بوابة « و » ، والتي يسلط عند دخلها اشارة دخل اخرى من مذبذب ذي تردد على قدر كبير هذا من استقرار الدقة .

وتستخدم فترة زمن مولد النبضات الميكانيكي "T" كمرة حاضرة ، يتم خلالها أخذ عينات مجموعة النبضات المعطاة من التردد المحسوب . ماذا أنتج مصدر الإشارة تحت الاختبار 9897 وببضبة في النتيجة واستغرقت الفترة T لإشارة المدمج ربما قدره ثانية واحدة ، على العداد يظهر عند نهاية الفترة 9897 . وفي المعدات التحيرية ، يكرر عمله العد بطريقتة مستمرة ، وتعتبر القيمة التي تظهر مع تغير التردد المراد قياسه .

ويوضح الشكل الاحصالي ١٦ - ١٤ فكرة عمل نوع آخر من الاجهزة يسمى باسم عداد الوقائع . اذ يعد هذا الجهاز عند الحوادث B التي تحدث خلال فترة زمنية معينة عند الدخل A . وقد يستخدم ، مثلاً - لتحديد عدد الوحدات التي تمر بنقطة معينة في خط الاسلاك خلال فترة زمنية معينة . وتفتح الإشارة عند الحط A بوابة « و » خلال زمن قدره T يتم خلاله عد النبضات المسجلة على الحط B . ومن الممكن توليد هذه النبضات بواسطة محول طاقة مناسب في خط الإنتاج .



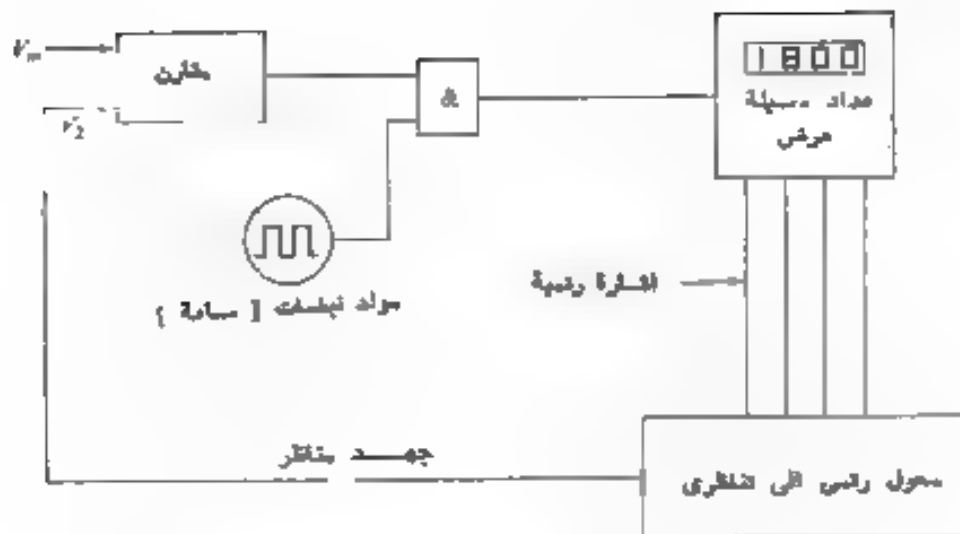
شكل ١٦ - ١٤ بيان احصالي لعدد وقائع

## ١٦ - ٧ وحدات الفولتميتر والمقاييس متعددة المدى

تصنع أشكال شتى من اجهزة الاختبار وتشمل وحدات الفولتميتر والميللي امبير والامبير مع مقاييس التردد ووحدات التوقيت التي سبق ذكرها .

ونحن في اتخاذ الصلطة عند انتقاء جهاز رقمي ، حيث قد تكون المواصفات مضللة . اذ معين العرض المقدم بدلالة عدد الارقام المبرئة ، فمثلاً يستطيع بعض الاجهزة بأربعة « نوايذ » أن تعطي أقصى رقم يمكن قراءته يساوي 9999 ، وسنبا يبلغ في البعض الآخر يبلغ أقصى رقم يمكن قراءته 1999 فقط . وفي العادة يبلغ دقة معظم الاجهزة الرقمية  $\pm 1$  الرقم عند طرف القياس الأقل أهمية .

ويصنع عدد من الانواع الانسابية وحدات الفولتميتر الرقمية (dvm) ومن شكل ١٦ - ١٥ بياناً احصالياً لتووع منها . وفي هذه الحالة ، يسلط جهد الدخل  $V_{in}$  محمول القيمة على المقارن وبمعه جهد آخر  $V_2$  . فعندما تزيد قيمة  $V_{in}$  من قيمة  $V_2$  ،



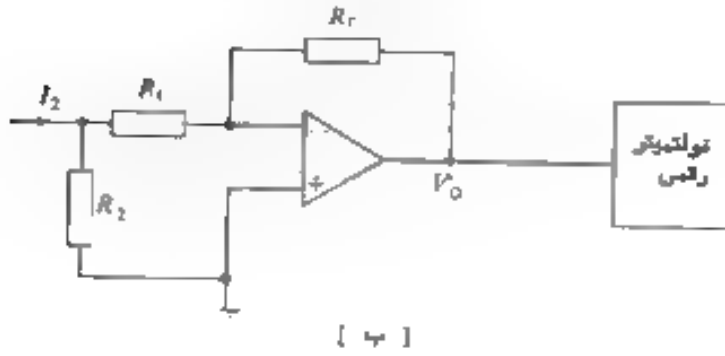
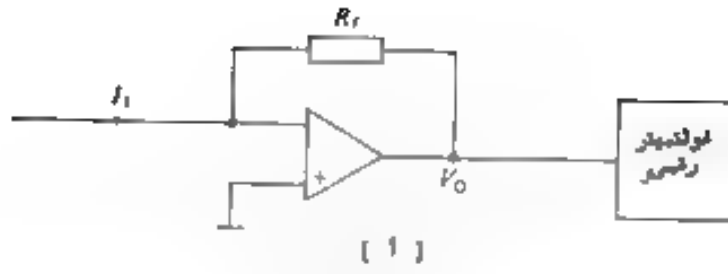
شكل ١٦ - ١٥ بيان لجمالي لواحد من أنواع الفولتميتر الرقمي

يكون الخرج إشارة منطق « ١ » التي تفتح بوابة « و » في الشكل لكن  $V_m = 18V$  ،  $V_2 = 0$  ، بصفة مبدئية ، ففي هذا الوقت يصبح خرج المقارن منطق (1) الذي يسمح بتسليط نبضات من إشارة الساعة للعداد وطبقا لدرجة تسليط نبضات الساعة إلى العداد ، يتم عددها وعرضها في التلو . وفي نفس الوقت ، يتم تسليط خرج العداد لمحول رقمي — إلى — تناظري ، والذي يحول القيمة الرقمية إلى جهد كهربائي  $V_2$  . فإذا ما انتج المحول الرقمي — إلى — تناظري جهد خرج قدره  $0.01V$  — لكل رقم يعرض العداد ، فإن الخرج  $V_2$  من المحول يساوي  $18V$  ، بعد انتهاء عد 1800 نبضة . وعندما يحدث هذا الوضع ،  $V_2 = V_m$  وينتقص خرج المقارن إلى الصفر . ويؤدي هذا إلى تقييد تشغيل بوابة « و » ، وينبع المريد من النبضات من تسلط إلى العداد . ومن الممكن بمعدن معايرة القراءة المعروضة بدلالة جهد الدخل . ويعتمد وقت التحويل النهائي على تردد المصدر المعدي للساعة فإذا بلغ هذا التردد  $1kHz$  ، فمته يلزم 185 لانها القراءة مع جهد دخل مقداره  $18V$  فإذا كان تردد الساعة  $100kHz$  فسوف يلزم 0.0185 فقط .

#### القياسات الرقمية للتيار : يوضح شكل ١٦ - ١٦ ( ١ ) دائرة مناسبة

لقياس تيم صغيرة جدا من التيار في المدى من حوالي  $10nA$  ( $1nA = 10^{-9}A$ ) إلى حوالي  $1mA$  . ويسلط التيار المراد قياسه ، إلى دخل مكرر تشغيلي ، ونظر للكسب المكرر التشغيلي المرتفع ، يمر هذا التيار خلال المقاومة  $R_f$  . ويصبح مقدار خرج المكرر التشغيلي هو  $I_1 R_f$  من وحدات الفولت . فإذا كانت  $R_f = 10k\Omega$  وكانت قيمة التيار المقاس تساوي  $0.1mA$  ،





شكل ١٦ - ١٦ الفولت رقمي للتيار إلى [ أ ] قيم صغيرة جدا للتيار [ ب ] قيم أعلى للتيار

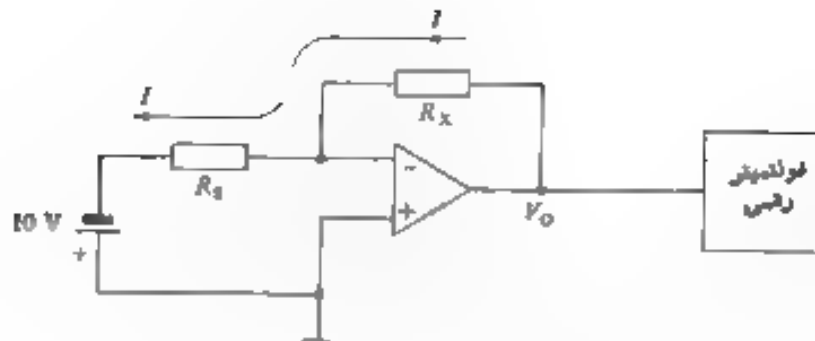
من مقدار جهد الخرج من المكسر التشغيلي يصبح  $1\text{ V}$  وسط هذا الجهد على فولتميتر رقمي ، مما يؤدي إلى معايرة قراءة قدرها  $1\text{ V}$  لتيار قيمة  $0.1\text{ mA}$ .

ويمكن استخدام الدائرة الموضحة في شكل ١٦ - ١٦ [ ب ] لقيم أعلى للتيار ١ حتى حوالي  $1\text{ A}$  ، وتصنع قيمة جهد الخرج من المكسر التشغيلي ، في هذه الحالة كما يلي .

$$V_0 = \frac{R_2 R_1}{R_1 + R_2} I_2$$

ومرة أخرى ، يمكن معايرة الجهد المخرجه في الفولتميتر الرقمي بدلالة التيار  $I_2$  .

**القياسات الرقمية للمقاومة :** يمكن استخدام الفولتميتر الرقمي مع المكسر التشغيلي كما هو موضح في شكل ١٦ - ١٧ ، ليعطي بيانا رقميا لقيمة  $R_x$  . وتصلح هذه الدائرة لقيم من المقاومة أكبر من حوالي  $100\ \Omega$  . تستخدم المقاومة  $R_x$  المحولة القيمة في حقة التغذية المرتدة ، ونستخدم مقاومة قياسية  $R_s$  كمقاومة دخل . وتصنع قيمة التيار المار خلال كلتا المقاومتين كالآتي :



شكل ١٦ - ١٧ المرفق الرقمي للتيار

$$I = \frac{10}{R_s} = \frac{V_O}{R_x}$$

لذا

$$R_x = \frac{V_O}{10} R_s$$

فإذا كانت  $R_s = 10 \text{ k}\Omega$  و  $V_O = 1 \text{ V}$  فإن  $R_x = 1 \text{ k}\Omega$  . وبهذه الكيفية ، يمكن معايرة قراءة الفولتميتر الرقمي بدلالة المقاومة .

## مراجع لمزيد من القراءة :

### Electrical Principles

N. M. Morris, *Electrical Circuits and Systems*, Macmillan, 1975

M. R. Ward, *Electrical Engineering Science*, McGraw-Hill, 1974

G. Stott and G. S. Birchall, *Electrical Engineering Principles*, McGraw-Hill, 1969

### Linear Electronics

N. M. Morris, *Industrial Electronics*, McGraw-Hill, 1970

N. M. Morris, *Advanced Industrial Electronics*, McGraw-Hill, 1974

### Digital Electronics

N. M. Morris, *Logic Circuits*, 2nd Edn, McGraw-Hill, 1976

N. M. Morris, *Digital Electronic Circuits and Systems*, Macmillan, 1974

### Semiconductor Devices

N. M. Morris, *Semiconductor Devices*, Macmillan, 1976

# Glossary قائمة بالمصطلحات !

## Chapter 1

## الفصل الاول :

Diffusion Current	تيار الانتشار
Drift current	تيار الانسياب
Hole	مجرة
leakage current	تيار التسرب
Charge carrier	حاملات الشحنة
Current source	مصدر تيار
Electron	الالكترون
Majority charge carrier	الشحنات الكهله ذات الاغلبيه
n-type semiconductor	النوع السالب [ س ] الموصل
Nucleus	النواة
p-type semiconductor	النوع الموجب [ م ] تشبه الموصل
proton	بروتون
Resistance temperature coefficient	معامل المقاومة الحرارى
Valence electron	الالكترون التكافؤ

## Chapter 2

## الفصل الثانى :

feed back	تغذية مرتدة
carbon composition resistor	مقاومة كربونية التركيب
carbon film resistor	مقاومة ذات غشاء كربونى
cermet potentiometer	مقياس الجهد السيرميترى
conductive plastic potentiometer	مقياس الجهد الموصل البلاستيك
cracked carbon resistor	مقاوم الكربون المشقق

High stab carbon resistor	مقاومة كربونية ذات درجة استقرار مرتفعة
Rectilinear potentiometer	مقياس جهد خطي
Thick film resistor	مقاوم الحشاء [ فيلم ] السميك
Metal glaze resistor	مقاوم معدني زجاج [ مصقول ]
Metal film resistor	المقاومة المشاطية المعدنية
Tolerance range	مدى التسامح
voltage dependant resistor	مقاومة تابع الجهد
Wire wound resistor	مقاومة السلك الملفوف
Colour code	الرمز بالألوان

### Chapter 3

### الفصل الثالث :

Air dielectric capacitor	مكثف ذو عازل هوائي
Ceramic dielectric capacitor	مكثف ذو عازل خزفي
Device	تطبيقية
Mixed dielectric capacitor	مكثف ذو عازل مختلط
Electrolytic capacitor	مكثف الكتروليسي
Letter code capacitor	رموز الحروف للمكثف
Metallized paper capacitor	مكثف ذو صحائف ورقية بمعدنة
Paper dielectric capacitor	مكثف ذو عازل ورقي
Permittivity	سمحية ثابت العزل
Silvered mica capacitor	مكثف الميكا المفضض
Plastic film dielectric capacitor	مكثف ذو غشاء البلاستيك العازل

### Chapter 4

### الفصل الرابع :

Magnetic screening	الحجب المغناطيسي
Choke	خفاق
Dust core	قلب من البرادة
Eddy current	تيار دوامس

<b>ferrite</b>	<b>فريت</b>
<b>Ferromagnetic material</b>	<b>مواد فيرومغناطيسية</b>
	<b>محللة ذاتية</b>
<b>Laminated iron core</b>	<b>قلب من رقائق الحديد</b>
<b>Electrical Noise</b>	<b>تشويش كهربائي [ ضوضاء ]</b>
<b>Pot core</b>	<b>قلب الوعاء</b>
<b>Powdered iron core</b>	<b>قلب مسحوق الحديد</b>
<b>Magnetic saturation</b>	<b>التشبع المغناطيسي</b>

## **Chapter 5**

## **الفصل الخامس :**

<b>Alternating waveform</b>	<b>شكل موجي متردد</b>
<b>Waveform analysis</b>	<b>تحليل الشكل الموجي</b>
<b>Waveform synthesis</b>	<b>تركيب الشكل الموجي</b>
<b>Angular frequency</b>	<b>تردد زاوي</b>
<b>Electromagnetic frequency spectrum</b>	<b>طيف التردد الكهرومغناطيسي</b>
<b>Harmonic</b>	<b>توافقي</b>
<b>Mark -to -space ratio</b>	<b>نسبة الإشارة الى الماعدة</b>
<b>Mean value of sinewave</b>	<b>القيمة المتوسطة للموجة الجيبية</b>
<b>Peak value</b>	<b>القيمة القروية</b>
<b>Periodic time of a Wave</b>	<b>الزمن الدوري للشكل الموجي</b>
<b>Phase angle</b>	<b>زاوية الطور</b>
<b>Phase lag</b>	<b>طور متخلف</b>
<b>Phase lead</b>	<b>طور متعتم</b>
<b>Phasor</b>	<b>بيان علاقة الطور</b>
<b>Radian</b>	<b>زاوية نصف قطرية</b>

## **Chapter 6**

## **الفصل السادس :**

<b>Acceptor Circuit</b>	<b>دائرة متقبلة</b>
<b>Rejector circuit</b>	<b>دائرة رافضة</b>

Capacitive reactance	مفاعلة سعوية
Cut — off frequency	تردد قطع
Decibel (dB)	ديسيبل
frequency response curve	منحنى استجابة التردد
Parallel circuit	دائرة توازي
Impedance	معاوقة
Mutual Inductance	حث متبادلي
Power factor	معامل القدرة
Q-factor	معامل الجودة

## Chapter 7

## الفصل السابع :

Transformer	محول
Air core	قلب هوائي
Transient	مرحلة عابرة
Dot notation	علامة النقطة

## Chapter 8

## الفصل الثامن :

Centre-tap rectifier circuit	دائرة موحد ذو نقطة تدرع متوسطة
Enhancement-mode FET	المتوال التدميمي للترانزستور التأثير المجالي
Field-effect transistor	ترانزستور تأثير المجال
Insulated-gate FET	ترانزستور التأثير المجالي ذو البوابة المعزولة
Spark quench diode	دايود الشراة الطفاة
Break down	انهيار
Reverse	عكسي
Zener	زينر
Depletion region	منطقة استنفاد
Diode	دايود
Derating of	تناقص القدرة المسموح بتزسيبها في الوصلات مع ازدياد درجة الحرارة المحيطة

Protection of Zener	وقاية الزينر
Flywheel diode	دايود تنظيم السرعة [ حدائة ]
Varactor diode	فاراكتور دايود [ دايود لتغير سعة حسب الفولتية ]
Varicap diode	فاريكاب دايود [ دايود متغير السعة ]
Forward bias	اتحياز امامى
Thermal resistance	مقاومة حرارية

## Chapter 9

## الفصل التاسع :

Peak-point voltage	النقطة الذروية للجهود
Pinch-effect resistor	مقاومة تأثير التضييق
Pinchoff voltage	جهد نهاية التضييق
Common-base connection	توصيلة القاعدة المشتركة
Common-Collector Connection	توصيلة المجمع المشتركة
Cut off operation	التفصيل فى حالة القطع
Insulated-gate field effect (FET)	ترانزستور التأثير المجالى ذو البوابة المعزولة
junction gate field effect (FET)	ترانزستور التأثير المجالى ذو البوابة الموصلة
Unijunction Transistor	ترانزستور احدى التوصيل
Current gain	كسب التيار
Early effect	تأثير مبكر
Field-effect transistor	ترانزستور التأثير المجالى
n-p-n transistor	ترانزستور م.م.م
p-n-p transistor	ترانزستور م.م.م
PUT	ترانزستور لحملدى الوصلة ببرمج
Numbering system of transistor	النظم العددية للترانزستور
h-parameter	بارامتر



## Chapter 10

## الفصل العاشر :

Photoelectric	كهروضوئي
Cold-cathode display	عرض بأشعة الكاثود
Display device	تعبئة عرض
Dot matrix display	عرض مصفوف النقطة
Filament display, 7 — segment	فتيلة عرض ، ٧ — قطع
liquid crystal display	مبين السائل البلوري
Photo Diode	دايود ضوئي
Gas — filled display	مبين مملوء بالغاز
Light-emitting diode	دايود الانبعاث الضوئي
Optically coupled isolator	عازل التقارن الضوئي
Optoelectronics	الالكترونيات الضوئية
Phosphor diode display	مرسمة الدايود الفسفوري
Photo conductive cell	خلية موصلة ضوئية
Photoemissive cell	خلية مبتعثة للالكترونات تحت تأثير الضوء
Photo thyristor	ثايرستور ضوئي
Photo voltaic cell	خلية جهد ضوئية
Solar cell	خلية شمسية

## Chapter 11

## الفصل الحادي عشر :

Amplifier	مكبر
band width	عرض النطاق الترددي
Chopper	قطّاع
Class A	طائفة A
Class AB	طائفة AB
Class B	طائفة B
Class C	طائفة C
Common — source	مصدر مشترك

Common — emitter	المطلق ، المشترك
Direct coupled	التقارن المباشر
Operational amplifier	مكبر تشغيلي
Phase inverting	عاكس الطور
Push — pull	دفعي وجذب
Thermal runaway	اسمات حراري
Binary notation	الدلالة الثنائية
CMOS	اشباه الموصلات الاكسي معدنية المتتالية
Positive logic notation	اصطلاحات المنطق الموجب

## Chapter 12

## الفصل الثاني عشر :

Dual — in — line (DIL) package	تغليفه مجموعة ثنائي الخطوط DIL
Film integrated circuit	دائرة غشائية متكاملة
Flatpack encapsulation	تغليف المجموعة المسطحة
Chip, Semiconductor	شريحة رقيقه ، اشباه الموصلات
Die, Semiconductor	قالب ، اشباه الموصلات
Epitaxial Layer	طبقة ايباكسيل [ ثوبته ]
Integrated circuit	دائرة متكاملة
Film	غشاء
LSI	مقياس مكبر للدائرة التكاملية
Monolithic	قطعة واحدة
MSI	مقياس متوسط للدائرة التثليل
Packaging of	تغليف الـ
Substrate	قاعدة مغلية
Thick film circuit	دائرة الغشاء السميك
Wafer, Semiconductor	رقاقة شبه موصلة
Monolithic integrated circuit	دائرة متكاملة ذات قطعة واحدة

## Chapter 13

## الفصل الثالث :

Phase splitting	مطر الطور
A stable multivibrator	متعدد الاهتزاز المتصل
Phase shift oscillator	مكرر اراحة طوري
Relaxation oscillator	مذبذبة نراح
Feedback amplifier	مكرر بعدية مبردة
Gain — bandwidth product	حاصل ضرب عرض النطاق الترددي في الكسب
Oscillator	مذبذب
Positive feedback	تعدية مرتدة موجبة
Pulse generator	مولد نبضات
Source follower	مصدر تابع

## Chapter 14

## الفصل الرابع عشر :

Difference amplifier	مكرر فرقي
Differential amplifier	مكرر تفاضلي
Backlash voltage	جهد التقيوت
Noise immunity	حصانة ضد التشويش
Virtual earth point	نقطة ارضية افتراضية
Voltage comparator	مقارن للجهد
Voltage follower	تابع الجهد
Operational amplifier	مكرر تشغيلي
Inverting amplifier	مكرر عاكس

## Chapter 15

## الفصل الخامس عشر :

Burst firing control	التحكم في تشعير الاشعال
Crowbar overvoltage protection	محل الوقاية من تزايد الجهد
Current limiting circuit	دائرة الحد من التيار

d-c link converter	مغير وصلة تيار مستمر
Delay angle	زاوية تعويق
Depletion region	منطقة استنفاد
Overcurrent protection for series regulator	منظم التوالى للوتية من تجلوز التيار
Silicon controlled switch	المفتاح السليكونى المحكوم
Triac	تراييك
Zero-point firing	الاشعال عند نقطة الصفر
Zero-voltage firing	الاشعال عند جهد الصفر

## Chapter 16

## الفصل السادس عشر :

Cathode ray oscilloscope	اشعة الكاثود للبديديتات
Digital measurement	قياسات رقمية
Digital voltmeter	فولتميتر رقمى
Audio frequency oscillator	مذبذب ذو ترددات سمعية
Blocking capacitor	مكثف مانع
Electronic voltmeter	فولتميتر الكترونى
Lissajous figures	اشكال ليساجوس
Multirange meter	مقياس متعدد المدى
Ohm meter	جهاز قياس المقاومة
Signal generator	مولد اشارة

## الفهرس

١٧٨	استقرار حرارى
١٦٨ — ١٦٩	اشباه الموصلات الاكسى معززة المتتامة
( انظر بوابة )	اشباه الموصلات الاكسى معدنية المتتامة
٢٧٠	اشغال الدورة الكاملة
٢٧٠	اشغال عند جهد الصفر
٢٧٠	اشغال عند نقطة الصفر
٢٨٨ — ٢٨٧	اشكال لياحوس
١٩٢	اصطلاحات المنطق الموجب
	اكثر قدرة مبددة :
١٢٧	ترانزستور
١٢٨	دايود زيسار
٥	اكثر الشحنات الحاملة ذات الاغلبية
١٥٣	الالكترونيات الضوئية
١	الكرون ١
١٣	الكرون التكنو
١٧٨	انحراف فى المكبرات
٢٨٢ — ٢٨٤	انحراف مستطيرمنى لرسمه اشعة الكاثود للتنبيهات
١٠٦	انهيتر املسى
	انهيتر مكسى
١٧٩	انفلات حرارى
١٠٧	انهيتر
	مكسى
١٢٧ ، ١٠٧	زيسر (Zener)
١٩٥	لو (OR)
	او (OR) — للنوابة ( انظر بوابة )
١٣٩	باراميتز — h

٢٢٠ — ٢١٩	باعث مشترك
٢٥٩ ، ١١١	بالوعة حرارة
١٩٤	بت bit
١	بروتون
٦	بوابة
( انظر بوابة )	بوابة منطقية
( انظر بوابة )	بوابة منطقية من اشباه الموصلات الاكسى معننية
( انظر بوابة )	بوابة لاسماح لو (NOR)
( انظر بوابة )	بوابة لاسماح و (NAND)
( انظر بوابة )	بوابة نفى (NOT)
( انظر بوابة )	بوابة « و » (AND)
١٤٢	بوابة وصلة ترانزستور التأثير المجالى
٧٠	بيان هلاثة الطور
١٩٥	و (AND)
٢٤١	تابع الجهد
٢٢٢ — ٢٢١	تابع المصدر
١٣٩	تأثير مبكر
٢٠٩ — ٢٠٧	تجميع الدائرة المتكاملة
٢٦٢	تحكم فى الطور للتأثير مستور
٢٧٠	تحكم فى تفجير الاشعاع
٧٦	تحليل الشكل الموجى
٦٧	تردد
٢٥٨	ترانزستور التأثير المجالى (FET) ذو بوابة معزولة
٧٦	تحليل الشكل الموجى
٢٦٦	ترايك
١٤٨	ترانزستور احدى التوصيل
١٤٩	قابل للبرمجة

١٤	ترانزستور احادي القطب (انظر ترانزستور التأثير المحلي )
١٣٢	ترانزستور
١٤٩	احادي التوصيل قلل للبرمجة
١٤٨	احادي الموصل
١٤٠	التشغيل في حالة القطع
١٤٠	التشغيل في حالة التشبع
١٥٠	النظم المعبدة لـ
١٧٩	انفلات حراري لـ
١٤٥	ترانزستور التأثير المحلي ذو البوابة الموصلة
١٤٢	ترانزستور التأثير المجالي ذو البوابة المعزولة
٢١	تعريف
١٣٦	توصيلة النامك المشتركة
١٤٣	توصيلة المصدر المشتركة
١٤٢	توصيلة المجمع المشتركة
١٤٠	توصيلة القاعدة المشتركة
١٣٢ — ١٣٤	سالب — موجب — سالب (n-p-n)
٤٦	نسوي
٢٠٤	ممتو
١٣٢	موجب سالب — موجب (p-n-p)
١٣٢	وصلة ثنائية القطب ،
١٤٢	بوابة توصيل
١٤٨	شمس الموصل الاكسي معننى
١٨٢	في المكبر
١٨٥ — ٩١	تردد القطع
١٤٢	ترانزستور تأثير الحال
١٤٥	البوابة المعزولة
١٨٥	تردد تركي

٧٣	تردد زاوى
١٥٩	ترانزستور ضوئى
٢٠٤	تركيب مضبو
( انظر بوابة )	ترانزستور — ترانزستور — منطقى
٧٥ — ٧٥	تركيب الشكل الموحي
١٢٢	ترانزستور موجب — سالب — موجب (p-n-p)
١٩٩ — ١٩٨	ترانزستور — ترانزستور — منطقى
٢٤٨	تردد محادل
١٨٦	تشغيل المكبر على الطائفة (A)
١٨٧	تشغيل المكبر على الطائفة (B)
١٨٧	تشغيل المكبر على الطائفة (C)
١٩٠	تشغيل المكبر على الطائفة (AB)
٥٩	تشويش كهريئى ( ضوضاء )
١٩٠	تقواء مفرقى ( مشترك )
١٦٠	تشغيل الترانزستور فى حالة التشبع
٥٧	تشبع مغناطيسى
	تغذية خلفية للجهد ( انظر مكبر التغذية الخلفية )
٢١٠	تغليب المجموعة المسطحة
١٩٠	تعاكس ( منطقى )
١٧٩	تغذية مرتدة سالبة
٢٢٣ ، ٢١١	تغذية مرتدة موجبة
٢٧٠ — ٢٦٨	توصيلة توارى معكوسة
	تغذية خلفية توال ( انظر مكبر التغذية الخلفية )
	تغذية خلفية على التوازى ( انظر مكبر التغذية الخلفية )
٧٥	توانقيات
	تيلر التغذية المرتدة ( انظر مكبر التغذية المرتدة )
١	تيلر الاتسيعى
٢	تيلر الانتشار



٥٧	تيار دوائى
	ثالثت زمنى
٤٩	مكثف ومقاومة (RC)
٣٨	ملف ومقاومة (RL)
٢٥٥ — ١٥٧	بايرسمور
٢٦٣	تحكم طورى لـ
٢٧٠	تحكم فى تعبير الاشغال
٢٦٦ ٤ ٢٥٥	ثنائى الانتحاء
١٦١	ضوئى
٢٥٥	مانع عكسى
٢٦٦	وقاية من
( انظر قايرمستور )	ثايرسمور ثنائى الانتحاء
١٦١	ثايرسمور ضوئى
٢٢ — ٢١	ثرمستور
٢٤٤	جهد التقويت
١٤٦	جهد العتمة
٢٤٤	جهد تحلقى
٧٠	جذر تربيعى لموسط مربع القيمة ( ج.م.م )
٢٨٠ — ٢٧٩	جهاز قياس المقاومة
٢٧٣	جهاز قياس الجهد والمقاومة (VOM)
٢٨١ ٤ ٢٧٣	جهاز قياس متعدد المدى
١٤٤	جهد نهاية التغير
٢٣٩ ٤ ٢١٩	حاصل ضرب نطلق التردد والكسب
٥٩	حصب مغناطيسى
١٧٢	حالة السكون
٥	حاملات الشحنة ذات الاقلية
١	حاملات الشحنة
٦٥	حث متلقى

٢٤٤	حملة ضد التشويش
٦٠	خلق
١٦١	خلية جهد ضوئية
١٦١	خلية شمسية
١٥٦	خلية ذات موصلية ضوئية
١٥٤	خلية انبعاث الالكترونات بتأثير الضوء
	دائرة اطارية ( الدائرة الحلقية ) - ( انظر مكبر التضخيم المرتدة )
٢٥٢	دائرة الحد من التيار
١١٧	دايود الشرارة المفناة
١١٦	دائرة تصوية ( ذات مرشح أمرار منخفض )
٨٥ - ٨٦	دائرة شميت للاطلاق
٩	دائرة توازي
٢٠١	دائرة تكاملية
٧	دائرة توالى
	دائرة موحد ذو نقطة تقعر متوسطة
١١٦	احداى الطور
١٢٢	ثلاثى الطور
١٣	دائرة نورتن المكثفة
٢٤٤	دائرة شميت للاطلاق
٢٦٨	دائرة المصدر ، BC ، ( المتصلة للمحولات )
١٢	دائرة فيننتر المكثفة
٢٠١	دائرة غشائية متكاملة
٢٠١	دائرة الغشاء ( فيلم ) السبك
٢٠١	دائرة الغشاء ( فيلم ) الرقيق
٢١٠	دائرة المقياس المتوسط المتكاملة
١١٤	دايود تنظيم السرعة
٨٨ ، ٨٩	دائرة متقبلة



٦٧	زمن القروى للشكل الموجي
٧١	راوية نصف قطرية
٥	سائر الشخصيات الحاملة ذات الاغلبية
٥٦	سائر مصطلحي ( الحجب المغناطيسي )
١٢٤ - ١٢٢	سالب - موجب - سالب (D-P-B) للترانسفور
٣٥	سعة
٣٦	سماحية ( ثابت المازل )
٢٢٢ - ٢٢٢	شبكة $\beta$
	شبه الموصل الاكسي محلى
١٦٦ - ١٤٨	ترانسفور التأثير لمحلى
٣	تسمه موصل
٢٠٢	شريحة رقيقة ، اشياء الموصلات
٦٥	شكل موجى مفرد
٢٠٦ - ٢٠٥	طاقة فوقية ( ايناكسيل )
٧٤	طور مختلف
	طور متقدم
١٨٤ ، ٦٨	طبف التردد الكهرومغناطيسى
١٦٨	عازل التقلرن الضوئى
٢٧١	عاكسى
	عرض النطاق الترددى
٨٣ - ٨١	دائرة رنين
١٦١	عرض مائمة الكنود
١٦٥ - ١٦٢	عرض مسجح قطع
١٦٦	عرض مصروف النقطة
( انظر نطاط S-R )	عنصر ثنائى الاستقرار
٢٠٤	عملية انتشارية
١٠٠ - ٩١ - ٩٠ - ١٠١	علامة النقطة
٢	محو

١٦٢	منبلة عرص ٧ — مطع —
٥٧	مريب
٢٦٣ — ٢٨١ — ٢٨٢	فولتيمتر الكترونى
٢٩.	مولنمبر رقى
	مولتيمتر :
٢٨١	الكترونى
٢٧٣ — ٢٨٢	تنامبرى
٢٩.	رمى
٢.١ — ٢.٢ — ٢.٥	قاعدة أو طبقه سملية
٦	مانون اوم
٦.	قامون لىر
٢.٢	فائب ، اشفاء نلموصلات
٥٩	قلب الوعاء
٥٧	قلب جديد رقى
٥٧	قلب مسحوق الحديد
٥٧	قلب من المراد
	مساب رقى
١٧٩	للتردد
٢٩.	للجهد
٢٩٢	لليقاومه
٢٩١	للتبىر
٦٨	قمة فرييه
٧.	فيه فعالة ، للموجة الحسية
١٦ ٢٢ ٢٤	قيم بمخلة
١٢٦ ٢٤١ ٢٤٢	كسب التيار
١٢٣ ١٢٤٤ ٢١.٤	كسب التيار
١٦٨	ممن السائل الملورى
١٦١	ممن مملوء بالعاز

١٦٨	معين السقل الطوري
( انظر نطاط )	متعدد الاهتزازات ثنائي الاستقرار
٢١٠	مجموعه ثنائية الخطوط
٢٥٠	مرجع مصدر الجهد
	محللة :
٩٥	مقابلة
٥٦	دائمه
٥٦	محللة ذاتية
٢٨٧ ، ٢٨٢	مرسمة اشعه الكاثود للتدبير
٩٥	محول
١٠٢	تردد سمى
١٠١	قلب هوائى
١٠١	قلب حديدى
١٠١	مصدر قفزه
١٠٢	نمضه
١٩٩	ممتد بطي
٢٢١ ، ٢٢٩	متعدد الاهتزازات المتصل
٢٥٥	مخل الوقتية من تزايد الجهد
١٦	مدى التفلات
٢٢٧	مخفف الكثف مع الملف
٢٢٢ ، ٢٢٥	مخفف
٢٢٦	مخفف ازاحة طوري
٢٣١	مخفف تراج
٢٦٢	مخفف نو وتعدادات سمعية
٢٢٧ — ٢٢٩	مخفف كوليتس
٢٢٦	مخفف متعدد التوافقيات ( الطليق الحركة )
	مخفف متعدد التوافقيات
٢٢٩	( الخبر مستقر ) طليق الحركة

( انظر نطاط )	تتالى الحركة الطلبة
٢٥٥	مذبذب مانع مكس
٢٢٦	مذبذب قنطرة قين
١٦٨	مرسمة الداوود المسطور
١١٩	مرشح مويجى ( متردد بجوى صغير )
١٠٥	مرحلة حليرة ( انقلابية ) نى
٤٩	عابر
١٤٨	مستقر الذاتية المياعدة
١١ — ١٢	مصدر ثيلر
٢٥٠	مصدر جهد للمقاربة ( مقارن )
٢٤٩ ، ٢٧٣	مصدر القدرة ثابت الجهد
١١	مصدر جهد
٩٠	معلوقة
٩٣	معامل القدرة
٨٦ ، ٩٠	معامل العودة Q
	معامل المقاومة الحرارى ٣ ، ٣١ ، ٢٧٥ ( انظر
	ايضا المعامل الحرارية للمقاومة )
	معامل حرارى للمقاومة ١١٧ انظر ايضا معامل
	المقاومة الحرارى )
٢٧٢	مغير التردد
	مغير القبة التناظرية الى القيمة الرقمية ( انظر
	الفولتمتر الرقوى )
٢٧٢	مغير ، وصلة ثيلر مستمر
٨٣	مفاعلة معوية
٢٠	مفرقات ( مقاييس جهد ) المسار الكربونى
٢٠ ، ٢١	مفرق ( مقاييس جهد ) الموصل البلاستيك
٢٠ ، ٢١	مفرق ( مقاييس جهد ) السيرميت
٥٢ ، ٥٥ ، ٦٣	مفاضل

٢٠	مفرق ( مقياس جهد ) طزوني المـ
٨١	مفاعلة حثية
٢٦ ، ٢١	مفرق ( مقياس جهد )
٥٥	مفاعلة
٨١	حثية
٨٢	سموية
٧٧	مفرق ( مقياس جهد ) خطى
٢٥٥	مفتاح السيليكونى المحكوم
١٩	مقاومة السهرميت
١٨	مقاوم الكربون المشقق
١٩	مقاومة الفلزية المعدنية
١٦	مقاومة، الغشاء الاكسيدى
٢٠٤	مقاوم حلس للضوء
١٤٤	مقاومة — تأثير التفير
٢٠	مقاوم الغشاء ( فيلم ) السبك
٢١	مقاوم الغشاء ( فيلم ) الرقيق
١٢٤	مقاومة حرارية
٢٣	مقاوم تلعب الجهد
٢٣	مقاوم تلعب الجهد
١٦	مقاومة كربونية التركيب
١٩	مقاومة ذات غشاء كرمونى
٢٤٤	مقارن للجهد
	مقاومة غشائية فيلم
١٩٦	مقاومة — فرانزستور — منطى
١٩	مقاومة كربونية ذات درجة استقرار مرتفعة
٢٠٩	مقياس مكبر لدائرة تكاملية
٢٠٩	مقياس مكبر للدائرة التكاملية
٢٠	مقاوم معدنى زجاج



١٩	مقلوبة عشاقية اكس معدنية
	مقوم ( موحد ) :
١٢٣	الموجة الكاملة
٢٦٥	تحكم جزئي
٢٦٦	تحكم كامل
١١٧	ثنائي الطور
١٢٣ ء ١١٧	نوا نقطة تفرع متوسطة
٢٦٥ ء ١٢٣ ء ١١٧	قنطرة
١٢١	متعدد الطور
١٢٣	مجم مزدوج
١٢١ ء ١١٢	نصف الموجة
١٢٠ ء ١١٢	وحيد الطور
١٩٥	معلوم — القرائن مستور المنطقى
٢٤٤	مقارن للجهد
٣٠ ء ٢١	مقاوم ملف سلكيه
٥٢ ء ٥٥ ء ٦٣ ء	مكاملة ء
٢٤٦ ء ٢٤٨	
	مكبر صاد ( انظر الباعث التابع ء تلح المصدر — الجهد التابع )
١٨٥	مكبر قطاع
١٧١	مكبر الباعث المشترك
١٨٢	مكبر الباعث المشترك
١٨٥	مكبر فيسار مستمر
٢٤٣	مكبر تفاضلى
٢٤٢	مكبر لمرقى
٢١١	مكبر تغذية مرتدة
٢١٨ ء ٢١٤	ميسر
٢١٨ ء ٢١٤	جهد

حاصل ضرب عرض النطاق الترددي في

الكسب

٢٢٩ + ٢١٩

مائل

٢١٥ + ٢١١

على التوازي

٢١٨ + ٢١٤

على التوالي

٢١٨٠ ١١٤٠ ٢١١

عرض النطاق الترددي

٢٢٩ + ٢١٩

كسب الـ

٢١٣ + ٢١٢

موجب

٢٢٣ + ٢١١

متعدد المراحل

٢١٦

مكبر مقرر مباشرة

١٨٥

مكبر خطي

١٧١

مكبر عكسي

٢٢٨

مكبر العمليات

٢٢٤ + ٢٠٨

مكبر القدرة

١٨٦ + ١٧١

مكبر شطر الطور

٢٢٣ + ٢٢٢

مكبر عكسي للطور

١٧٥

مكبر غير عكسي

٢٤٢

مكبر للتجميع

٢٤١

مكبر

١٩١ + ١٧٠

استقرار حراري لـ

١٧٩ + ١٧٨

انفلات حراري في

١٧٩

الباعث المشترك

١٧١

التوازن المباشر

١٨٤

الانحراف في

١٧٨

الفرق

٢٤٣

الباعث التابع

٢٢٠ + ٢١٩

بدون محول

١٩١

نوع الجهد

٢٤١

١٨٢	ترانزستور التأثير المجالى
١٨٦	تشغيلى
	تغذية مرتدة (انظر التغذية المرتدة الخلفية)
٢٤٢	تفاضلى
١٧١	جهد
١٧١	خطى
١٨٧	دفعى وجذبى
٢٢٢	شطر الطور
١٨٦	طائفة (A)
١٩٠	طائفة (AB)
١٨٧	طائفة B
١٨٧	طائفة C
١٧٥	ملكى الطور
١٨٢	عرض النطاق الترددى
١٨٥	تطـاع
١٨٦ ، ١٧١	قدرة
١٩٠ ، ١٥٩	كهروضوئى
٢٢٠	مصدر تابع
١٨٢	مصدر مشترك
١٧١	مفتاحى
١٨٥	مقرن مباشر
٢٨٢ ، ١٧٢	مكثف مانع
٢٤	مكثف
٤١	توصيل على التوازي
٤٢	توصيل على التوالي
٤٣	دائرة مكثفة لـ
٤٥	مكثف الكتروليتى
٤٥	مكثفات ذات منزل خزفى

٤٥	مكثف ذو عزل الميكا
٤٤	مكثف ذو عزل مختلط
٤٤	مكثف ذو صحائف ورقية ممعنة
٤٤	مكثف ذو عزل ورقي
٤٤	مكثف ذو غشاء البلاستيك العازل
٤٥	مكثف الميكا المفضضة
٤٤	مكثف ذو عزل هوائي
١٩٥	مكمل منطقي
	منحنى استجابة التردد
٨٩	دائرة نوازي
١٨٢	مكبر
١.٩	منطقة استنفاد
٢٥٣	منظم التوالي للوقاية من تجاوز التيار
٢٥٣ — ٢٥٥	منظم التوالي للوقاية من تجاوز الفولت
	منظم جهد ( انظر مصدر القدرة ثابت الجهد )
	موحد قنطري
١١٧	احداى الطور
١٢٢	ثلاثى الطور
٥٧	مواد عالية الانفافية المغناطيسية (مغناطيسية)
٢٢١	مولد نبضات
٦٦	موجة اثرية ( مثل من المنشار )
٢٢٦	مولد الموجة المربعة
٦٥	موجة جيبية
٢٧٢	مولد اشعة
١٦٧ — ١٦٠	نبيلة عرض ،
١٤٥	نمق استنفاد الترانزستور (بالتأثير المجالى )
٦٩	نسبة الاشارة الى المبعادة

١٤٦	نمى الاطرادى
١٩٩	نمى S-R
١٩٩ - ١٩٩	لاىماى ء لو (NOR)
١٩٩	نمى (لاىماى) (NOT)
١٥٨	نقطة انهىار
١١	نقطة تشفىل الترانزستور ( انظر حالة السكون)
١٨٥	نقطة منتصف الفترة
١	نواى
٥	نوع السلب (n-type) لشبه الموصل
٥	نوع الموجب p لشبه الموصل
	وصلة ترانزستور (انظر الترانزستور ثنائى القطب)
	وصلة ترانزستور ثنائى القطب (انظر ترانزستور)
١٠٨	وصلة ثنائية
١٠٨	وصلة موجبة - سالبة P-N

مركز البحوث  
سنة النشر ١٩٩٩  
ناشر كبرى المعرفة

